ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 13 JANVIER 1947.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS BLARINGHEM.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur les probabilités dénombrables et le pari de Pascal.* Note de M. **Émile Borel.**

En reprenant l'étude d'un problème simple de probabilités dénombrables, j'ai fait une remarque qui m'a paru intéressante, car elle se rattache à la théorie arithmétique du célèbre pari de Pascal.

On sait que le produit de zéro par l'infini est, en principe, indéterminé, mais que lorsqu'une expression algébrique ou analytique prend cette forme, il est souvent possible de déterminer sa *vraie valeur* qui peut être un nombre fini, ou zéro, ou l'infini.

Voici un cas où l'espérance mathématique, dans le cas d'un gain infini avec la probabilité zéro, a pour *vraie valeur* zéro.

Considérons un problème de probabilités dénombrables, dans le cas de convergence; on fait une série infinie d'épreuves, dans lesquelles, l'événement favorable a pour probabilités successives $p_1, p_2, \ldots, p_n, \ldots$; la série $p_1+p_2+\ldots+p_n+\ldots$ est convergente et a pour somme s. L'espérance mathématique d'un joueur qui doit recevoir 1 franc pour chaque cas favorable est évidemment égale à s.

Mais cette espérance mathématique peut être évaluée autrement. On connaît [1] les probabilités $A_0, A_1, \ldots, A_n, \ldots, A_\infty$ pour que le cas favorable se produise respectivement $0, 1, 2, \ldots, n, \ldots, \infty$ fois et l'on sait que A_∞ est nul. L'espérance mathématique est

$$A_1+2A_2+\ldots+nA_n+\ldots+\infty A_\infty.$$

Or, un calcul facile montre que l'on a

$$A_1+2A_2+\ldots+nA_n+\ldots=s.$$

---

(1) Voir, par exemple, Émile Borel, *les Probabilités dénombrables* (*Rendiconti del Circolo matematico di Palermo*, **27**, 1909, pp. 247-270).

On en conclut que ∞A_∞ a pour vraie valeur zéro, c'est-à-dire que l'espérance mathématique relative au gain infini qui serait réalisé si le cas favorable se produisait une infinité de fois, est égale à zéro. C'est le résultat annoncé ci-dessus.

La conclusion est que, dans la controverse du pari de Pascal, comme dans bien d'autres controverses philosophiques, le mathématicien doit rester neutre; il ne peut tirer de sa science aucun argument décisif pour ou contre.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur la préparation des oxydes par électrolyse.* Note (1) de M. **Pierre Jolibois** et Mlle **Marthe Bergès**.

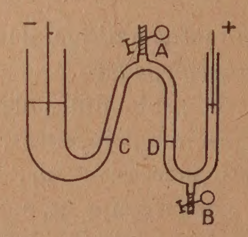
Lorsque l'on soumet longtemps au courant continu une solution d'un électrolyte comme le sulfate de sodium, dans un vase qui permet de séparer les produits anodiques et cathodiques, on constate deux phénomènes distincts.

D'abord une électrolyse qui sépare en oxyde acide et en oxyde basique, le sel dissous.

Ensuite un transport en sens opposé de chacun des produits : l'oxyde acide vers le vase anodique, l'oxyde basique vers le vase cathodique.

Comme le milieu anodique est oxydant et le milieu cathodique réducteur, ces constatations ne sont valables que si l'oxyde acide n'est pas oxydable et l'oxyde basique pas réductible (à l'état métallique généralement) (2).

Dans le cas où cette dernière condition est réalisée, cas des oxydes



métalliques dont la chaleur de formation est élevée, on peut obtenir ceux-ci à l'état de grande pureté par électrolyse d'un sel soluble.

L'appareil est constitué par la jonction de deux tubes en U suivant le dessin ci-dessus.

On remplit complètement l'appareil de l'électrolyte et l'on met les électrodes en rapport avec une source de courant continu pouvant débiter quelques dizaines de millampères sous des tensions atteignant éventuellement deux mille volts.

Quand l'électrolyse est terminée, les oxydes sont séparés dans chaque tube

(1) Séance du 23 décembre 1946.

(2) On trouvera un résumé des travaux antérieurs sur cette question dans la brochure : *Nouveaux aperçus sur l'électrolyse*, Hermann et Cie, 1943.

en U et la partie CAD est formée d'eau pure. On s'aperçoit de ce fait à l'augmentation considérable de la résistance de l'appareil, qui se traduit par l'augmentation du voltage et par la diminution de l'intensité.

En ouvrant alors la pince A, on désamorce le siphon et l'on sépare les deux compartiments dont on peut recueillir les produits. Cette technique permet de préparer dans un grand état de pureté les oxydes ou les hydrates sans l'addition d'aucun réactif.

Comme nous l'avons vérifié, on peut séparer quantitativement l'acide sulfurique et la potasse du sulfate de potassium. Ceci n'a pas d'intérêt pratique pour le cas de ces deux substances; mais quant il s'agit d'alcalins rares comme le rubidium et le cæsium, c'est la seule méthode qui convienne pour effectuer la préparation quantitative de la rubidine et de la cæsine sur des masses de l'ordre du gramme.

La méthode s'applique parfaitement à des oxydes insolubles. Nous avons préparé de cette manière, à partir du sulfate de magnésium, de la magnésie hydratée très pure répondant à la formule $Mg(OH)_2$. De même nous avons obtenu de la glucine $Gl(OH)_2$ à partir du sulfate de glucinium.

Leur analyse a été effectuée au moyen de la thermobalance Chevenard par application de la méthode de pesée continue préconisée par Guichard. Nous avons ainsi pu vérifier que la magnésie hydratée commence à perdre son eau à la température de 340° et que la déshydratation est rapide jusqu'à 480°, mais n'est totale qu'à 800°.

Quant à la glucine, elle se déshydrate rapidement à partir de 230° jusqu'à 400°, mais les dernières traces d'eau ne partent que vers 900°.

Ainsi que le montrent les spectres de rayons X, les deux oxydes hydratés préparés dans ces conditions sont cristallisés.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Papilionacées. Développement de l'embryon chez le* Genista tinctoria *L.* Note de M. **René Souèges**.

On a pu établir quelques rapprochements, au point de vue embryogénique, entre les Fumariacées, d'une part, et, d'autre part, certaines Papilionacées [1] appartenant aux tribus des Viciées et des Trifoliées. Il importe de savoir si ces analogies sont plus étendues, plus profondes, et peuvent se retrouver dans d'autres tribus. Pour ce qui est des Génistées, L. Guignard [2] a déjà fait remarquer, en 1881, que la formation du proembryon n'offre pas, chez ces plantes, la marche régulière des segmentations si constante chez les Viciées;

(1) R. Souèges, *Comptes rendus*, **223**, 1946, pp. 60 et 493; *Ann. Sc. nat. Bot.*, 11e série, **7**, 1946, p. 1.

(2) *Ann. Sc. nat. Bot.*, 6e série, **12**, 1881, p. 75.

mais si les observations de ce savant, relatives surtout au *Cytisus Laburnum* L., au *Spartium junceum* L. et à certaines espèces de *Lupinus*, se sont montrées particulièrement fécondes et ont conduit à des résultats remarquables, elles ne nous renseignent pas sur les lois véritables qui président au développement de l'embryon et ne nous permettent pas de procéder à des comparaisons d'où nous puissions tirer des conclusions satisfaisantes.

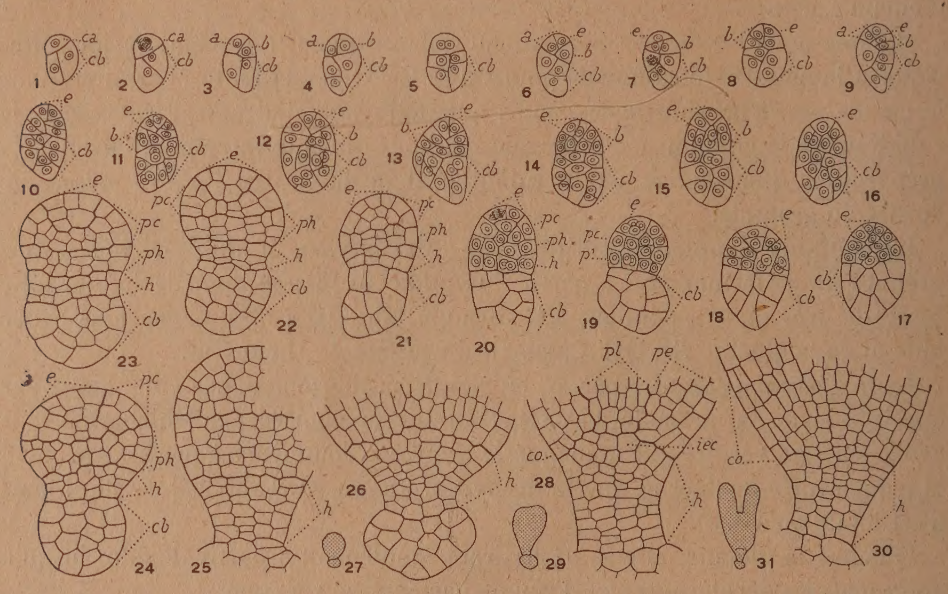


Fig. 1 à 31. — *Genista tinctoria* L. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca*, cellule apicale du proembryon bicellulaire; *cb*, cellule basale ou suspenseur proprement dit; *a* et *b*, cellules-filles de la cellule apicale ou groupes cellulaires qui en dérivent; *e*, épiphyse; *pc*, partie cotylée; *p'*, assise engendrant la partie hypocotylée *ph*, et la région hypophysaire *h*; *pe*, périblème; *pl*, plérome; *iec*, initiales de l'écorce de la racine; *co*, portions latérales de la coiffe. En 27, 29, 31, aspect général des formes d'où sont tirés les détails des figures 26, 28 et 30. G. = 290; 30 pour les figures 27, 29 et 31.

Les figures 1 à 8 montrent nettement que les premières segmentations ont lieu chez le *Genista tinctoria* comme chez le *Spartium*. On notera néanmoins que la première paroi, dans la cellule apicale, comme dans la cellule basale, est plus ou moins oblique, séparant deux éléments dissemblables *a* et *b*; que la tétrade, de ce fait, est du type globuleux (*fig.* 3) et que le proembryon octocellulaire (*fig.* 8, 9) présente, dans sa partie supérieure, quatre quadrants, dont l'un, celui du sommet, se montre nettement différencié en cellule épiphysaire. Il est évident que la segmentation procède, aux stades suivants, par cloisonnements obliques, comme dans les premiers temps, qu'il est difficile de toujours bien déterminer leur direction et que des assises cellulaires régulièrement orientées ne se constituent pas dans tous les cas de manière distincte.

Cependant on peut voir, par les figures 10 à 15, que l'épiphyse produit d'abord deux cellules par division anticline; que les premières cloisons tangentielles dans son intérieur apparaissent seulement aux stades des figures 18 à 20. Plus tard, on ne peut guère reconnaître avec certitude les limites du groupe cellulaire engendré par la cellule épiphysaire. Dans la série des formes allant de 10 à 18, on peut aisément se rendre compte

de la manière dont se différencient, aux dépens des cellules sous-épiphysaires, d'abord deux assises, *pc* et *p'* (*fig.* 19), puis trois, *pc*, *ph*, *h* (*fig.* 20). De semblables assises ont déjà été observées dans le *Trifolium minus* (3); leur histoire, dans les deux cas, est très étroitement comparable.

L'assise *pc* donne naissance à la partie cotylée *sensu stricto*; elle fournit, dans sa portion centrale, au voisinage de l'axe, les initiales du plérome de la tige; dans sa région périphérique, en deux points diamétralement opposés, se différencient les méristèmes cotylédonaires (*fig.* 21 à 25). L'assise *ph* engendre la partie hypocotylée. En 21, 22, 23, 24, on voit comment procède la segmentation dans son intérieur, par cloisons horizontales d'abord (*fig.* 21, 22), verticales ensuite ou diversement orientées (*fig.* 23; 24). Peu avant la formation des protubérances cotylédonaires (*fig.* 25), toute trace de démarcation entre partie cotylée et partie hypocotylée disparaît. L'assise *h* donne tout d'abord, par divisions transversales, deux ou trois nouvelles assises (*fig.* 21, 22); seules, celles qui avoisinent la partie hypocotylée se cloisonnent ensuite longitudinalement, de sorte que la portion du corps qu'engendre *h* se montre bientôt plus étroite dans sa partie inférieure touchant au suspenseur. Dans cette région, au contact même du suspenseur, on ne peut guère compter plus de quatre éléments dans les coupes longitudinales des formes embryonnaires, même aux stades les plus avancés (*fig.* 24 à 30). Cette région inférieure participe à la formation d'un court pédicule qui rattache l'embryon proprement dit au suspenseur *sensu stricto*, tandis que la région supérieure, se comportant comme un véritable tissu hypophysaire, donne naissance aux initiales de l'écorce de la racine et à la portion médiane de la coiffe.

Le dermatogène s'individualise sur toute la périphérie du corps au terme de la vie proembryonnaire seulement; le périblème et le plérome ne se montrent bien séparés que beaucoup plus tard, lorsque les protubérances cotylédonaires sont déjà très avancées dans leur croissance (*fig.* 28, 30). La coiffe, dont les portions latérales se développent largement aux dépens du dermatogène de la partie hypocotylée (*co*, *fig.* 28, 30) apparaît à un moment donné, nettement délimitée de l'écorce sur toute son étendue.

Le suspenseur proprement dit tire origine de la cellule basale du proembryon bicellulaire. Il est peu distinct au début du corps embryonnaire (*fig.* 8 à 18); il se renfle ensuite, devient globuleux, quelque peu aplati (*fig.* 19, 22, 24, 26). Les macromères qui le constituent, d'abord peu différents des micromères qui contribuent à la construction de l'embryon, deviennent ensuite plus gros et moins chromatiques.

Les lois qui président au développement de l'embryon chez le *Genista tinctoria* sont, dans leurs traits essentiels, les mêmes que celles qui ont été exposées au sujet du *Trifolium minus*. Les descriptions qui ont été données naguère relativement à cette dernière espèce pourraient être reprises pour rendre compte de certains détails de l'embryogénie du *Genista* qui n'ont pu ici être abordés. Les bipartitions, au cours des premiers termes du développement, se succèdent plus régulièrement chez le *Genista*, puisque, à la troisième génération cellulaire, on rencontre des formes nettement octocellulaires (*fig.* 8) et, à la quatrième, des formes composées de seize éléments environ (*fig.* 25, par ex.). Chez le *Trifolium*, la segmentation procède, dès le début, dans la cellule basale plus lentement que dans la cellule apicale.

---

(3) R. Souèges, *Comptes rendus*, 184, 1927, pp. 1018 et 1196; *Bull. Soc. bot. Fr.*, 76, 1929, p. 338.

MICROBIOLOGIE. — *Des propriétés antidotiques des filtrats de culture d'*Actinomyces griseus. *Leurs caractéristiques principales.* Note [1] de MM. **Gaston Ramon, Constantin Levaditi, Rémy Richou** et M[lle] **Jeanine Henry.**

Il a été établi précédemment [2] que les filtrats de culture de *Penicillium notatum* possèdent, comme ceux du *B. subtilis* [3], à l'égard des toxines bactériennes telles que les toxines staphylococcique, diphtérique etc., des propriétés antidotiques qui leur permettent d'altérer et même de détruire ces toxines dans les conditions qui ont été précisées.

En est-il de même des filtrats de culture d'*Actinomyces griseus* d'où, on le sait, Waksmann et ses collaborateurs ont réussi à retirer une nouvelle substance antibiotique, la *streptomycine* [4]? Telle est la question que nous nous sommes posée et à laquelle nous avons cherché à répondre, dès que nous fûmes à même de préparer des filtrats de culture d'*Actinomyces griseus* suffisamment actifs [5].

Les divers essais que nous avons entrepris à ce sujet ont été effectués selon des techniques identiques à celles suivies antérieurement pour déceler et étudier le pouvoir antidotique des filtrats de culture de *B. subtilis* et de *Penicillium notatum* [6].

Dans une première série d'expériences, nous avons recherché dans divers filtrats d'*Actinomyces griseus*, l'existence de propriétés antidotiques à l'égard : *a.* de la toxine staphylococcique; *b.* de la toxine diphtérique, choisies comme types d'exotoxines microbiennes.

a. A l'égard de la toxine staphylococcique. — Toxine staphylococcique et filtrat d'*Actinomyces griseus* titrant 10 à 15 unités par centimètre cube sont mélangés à parties égales. Les mélanges sont mis à l'étuve à la température de 37°. Au bout de trois heures, six heures, vingt-quatre heures, etc., on contrôle leur pouvoir toxique au moyen du procédé courant de dosage de l'activité hémolytique *in vitro*.

De ces contrôles, il ressort que les 200 doses hémolytiques de toxine staphylococcique que renfermaient les mélanges sont totalement détruites en moins de six heures; avec certains filtrats, la destruction était déjà complète au bout de trois heures à peine de séjour à l'étuve, du mélange toxine staphylococcique-filtrat d'*Actinomyces griseus*.

---

(1) Séance du 6 janvier 1946.

(2) G. Ramon, R. Richou et J. Ramon, *Comptes rendus*, **222**, 1946, pp. 621 et 772; *Revue d'Immunologie*, **10**, 1946, pp. 9-32.

(3) G. Ramon et R. Richou, *Comptes rendus*, **220**, 1945, pp. 543 et 801; **221**, 1945, pp. 213 et 271; *Revue d'Immunologie*, 9, 1944-1945, pp. 161-217.

(4) Consulter à ce sujet C. Levaditi, *La Presse Médicale*, n° 44, 5 octobre 1946, p. 656.

(5) La souche utilisée nous a été envoyée par M. Waksmann.

(6) Voir G. Ramon et R. Richou, *loc. cit.*

b. A l'égard de la toxine diphtérique. — Des mélanges sont constitués renfermant $0^{cm^3},9$ de filtrat d'*Actinomyces griseus* et $0^{cm^3},1$ de toxine diphtérique représentant 50 doses mortelles pour un cobaye de 300^g; ils sont exposés à la température de 37°. Ces mélanges, après un temps de séjour à l'étuve, variable pour chacun d'eux, sont éprouvés chez le cobaye. Il résulte de ces épreuves que la toxine diphtérique est rapidement détruite par les différents échantillons de filtrat de culture d'*Actinomyces griseus* que nous avons utilisés. Après vingt-quatre heures à l'étuve et même dans certains cas, après dix heures, les mélanges ne renferment plus aucune trace décelable de poison diphtérique. Par contre, la toxine seule abandonnée durant le même temps à la température de 37° n'a rien perdu de son pouvoir toxique.

Ainsi que l'établissent ces expériences et d'autres du même genre, les filtrats de culture d'*Actinomyces griseus* possèdent donc bien des propriétés antidotiques à l'égard des exotoxines microbiennes : les toxines diphtérique et staphylococcique par exemple.

Ajoutons que des essais effectués comparativement nous ont montré que la *streptomycine* [7], principe antibiotique extrait, par purification, des cultures d'*Actinomyces griseus*, ne fait preuve d'aucun pouvoir antidotique ni sur le poison staphylococcique, ni sur le poison diphtérique.

Poursuivant nos investigations, nous avons recherché les caractéristiques principales des propriétés antidotiques ainsi mises en évidence dans les filtrats d'*Actinomyces griseus*.

En premier lieu, nous avons étudié leur *stabilité* à l'égard de la chaleur. Dans ce but, après avoir chauffé des filtrats à 55°, 65°, 75°, 100°, 110°, nous avons examiné leur action sur les toxines staphylococcique et diphtérique. Nous avons constaté qu'avec des filtrats chauffés durant une demi-heure soit à 55°, soit à 65°, soit à 75°, le temps de destruction totale des toxines par ces filtrats devient de moins en moins rapide, surtout en ce qui concerne la toxine diphtérique ; cependant ce n'est qu'à partir de 75° que la propriété antidotique subit une atteinte importante et de plus en plus forte, pour être entièrement détruite à 100°. Les propriétés antidotiques des filtrats d'*Actinomyces* paraissent ainsi un peu plus stables vis-à-vis de la chaleur que celles des filtrats de *Penicillium notatum*.

Faisant agir nos filtrats sur les toxines soit à la température de l'étuve (37°), soit à celle du laboratoire (18 à 20°), soit à celle de la chambre froide (+ 4°), nous avons observé que les propriétés antidotiques s'exercent plus lentement à 18° qu'à 37°, et plus lentement encore à + 4°; toutefois, même à + 4°, le poison diphtérique perd toute sa toxicité en 48 heures.

Si, comme nous l'avons fait, on ajoute du formol (solution commerciale d'aldéhyde formique) aux filtrats d'*Actinomyces* à raison de $0^{cm^3},03$ pour

---

(7) Streptomycine Merck.

100^{cm^3} de filtrat, on se rend compte que leurs propriétés antidotiques ne sont pas troublées dans une mesure appréciable.

Ainsi, en résumé :

1° Les filtrats de culture d'*Actinomyces griseus* tels que ceux dont nous avons fait usage sont doués, tout comme les filtrats de *B. subtilis* et de *Penicillium notatum* et à l'encontre de la streptomycine purifiée, de *propriétés antidotiques* grâce auxquelles ils se montrent capables d'annihiler dans leur pouvoir toxique des quantités relativement grandes de toxines bactériennes telles que les toxines staphylococcique et diphtérique.

2° Les propriétés antidotiques des filtrats d'*Actinomyces* paraissent relativement *stables* à l'égard de la chaleur. Elles ne commencent guère à diminuer d'intensité qu'à partir du chauffage à 75°; leur anéantissement est total à 100°.

3° La destruction du poison diphtérique, par exemple, par les filtrats d'*Actinomyces griseus*, particulièrement rapide à la température de 37°, est encore effective lorsque le mélange toxine-filtrat est exposé à des températures plus basses, 18° ou 4°, mais elle s'opère plus lentement.

4° L'addition aux filtrats d'*Actinomyces griseus* d'une minime proportion de formol (0,03 %) n'altère pas notablement leurs propriétés antidotiques.

M. **Maurice Caullery** fait hommage à l'Académie de deux monographies publiées récemment par lui sur les matériaux récoltés par l'expédition néerlandaise du *Siboga* (1899-1900) dans les mers de l'Insulinde :

1° *Siboglinum Caullery* 1914, *type nouveau d'Invertébrés d'affinités à préciser* (1).

2° *Polychètes sédentaires de l'expédition du Siboga* (2).

Le genre *Siboglinum*, signalé d'abord dans les *Comptes rendus* (3), est un organisme (récolté de façon relativement abondante dans une série de stations abyssales) qui ne rentre dans aucun des groupes zoologiques connus. Il est possible, d'ailleurs, que les échantillons obtenus ne représentent pas l'organisme entier. La publication de la Note préliminaire faite en 1914 n'a provoqué jusqu'ici (à ma connaissance) aucune suggestion sur les affinités de cet organisme énigmatique. La monographie présentée ici fournit des documents plus détaillés sur la structure, sans permettre des conclusions plus précises.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **Thomas Henry Havelock** et **Walter Davis Lambert** sont élus Correspondants pour la Section de Géographie et Navigation en remplacement de M. *Jules Richard*, décédé, et de M. *Pierre Lejay*, élu Membre non résidant.

---

(1) *Siboga Expeditie*, fasc. **138**, 1944, 26 p., 89 fig.

(2) *Siboga Expeditie*, fasc. **139**, 1944, 204 p., 157 fig.

(3) *Comptes rendus*, **158**, 1914, p. 2014.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats au poste de Directeur de l'Observatoire de Physique du Globe du Pic du Midi, pour la première ligne, M. **Alexandre Dauvillier** obtient 28 suffrages contre 17 à M. **Jean Bricard** et 1 à M. **Bernard Lyot**; il y a 2 bulletins blancs.

Pour la seconde ligne, M. **Jean Bricard** obtient 27 suffrages, contre 6 à M. **Henri Dessens**; il y a 1 bulletin blanc et 4 bulletins nuls.

En conséquence, la liste présentée à M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** comprendra :

En première ligne.......... M. **Alexandre Dauvillier**.
En seconde ligne.......... M. **Jean Bricard**.

A l'occasion de cette présentation, l'Académie décide d'adresser à M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** le vœu suivant :

L'Académie des Sciences, considérant le très haut intérêt des travaux scientifiques effectués à l'Observatoire du Pic du Midi au triple point de vue de l'Astronomie, de la Physique et de la Biologie, demande que les savants puissent y travailler à un meilleur rendement et dans une plus grande sécurité grâce à une liaison rapide, sûre et économique, assurant le transport du personnel et des instruments. Le téléphérique correspondant, actuellement étudié, devrait fonctionner dans le plus court délai, au plus tard dans le prochain été.

CORRESPONDANCE.

M. **Dimitri Nicolaïevitch Prianichnikov**, élu Correspondant pour la Section d'Économie rurale, adresse des remercîments à l'Académie.

Le **Général Commandant l'École polytechnique** adresse des remercîments à l'Académie pour la subvention qui a été attribuée à cette École sur la Fondation Loutreuil.

M. le **Secrétaire perpétuel** donne lecture du télégramme suivant :

Peiping, le 9 janvier.

Sorry to learn professor Langevin has passed away allow us to express our deepest sorrow and sympathy National Academy of Peiping.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Le théorème du continu.* Note (¹) de M. **Henri Eyraud**.

Le théorème du continu peut être démontré en utilisant la notation des transfinis ordinaux de la troisième classe, par des fonctionnelles arithmé-

(1) Séance du 6 janvier 1947.

tiques [2], bien ordonnées par croissances ascendantes, et dont l'ensemble a la puissance $\aleph_2$.

Une telle fonctionnelle équivaut à une série transfinie d'ordinaux de la seconde classe

$$(1)\qquad f_1,\ f_2,\ \ldots,\ f_\omega,\ \ldots,\ f_\beta,\ \ldots,$$

où β est un indice ordinal parcourant toute l'échelle des ordinaux de première et de seconde classes.

Chaque terme f_β de la série (1) équivaut à une fonction arithmétique, donc à une suite infinie d'entiers

$$(2)\qquad \alpha_1,\ \alpha_2,\ \ldots,\ \alpha_n,\ \ldots,$$

où l'indice n parcourt l'échelle des nombres entiers; on peut aussi faire correspondre à (2) un nombre x compris entre 0 et 1 par la représentation binaire

$$(3)\qquad x = \frac{1}{2^{\alpha_1}} + \frac{1}{2^{\alpha_1+\alpha_2}} + \ldots.$$

Chaque fonctionnelle (1) peut donc être représentée par une succession transfinie de points placés dans le carré

$$0 < x < 1, \qquad 0 < y < 1,$$

en désignant par x l'abscisse qui correspond à l'indice transfini β et par y l'ordonnée qui correspond à l'ordinal f_β.

En joignant ces points successifs par des segments de droites, on obtient une ligne polygonale de $\aleph_1$ côtés que nous considérons comme la représentation de la fonctionnelle (1).

L'ensemble des fonctionnelles F représentatives des ordinaux de la troisième classe forme un réseau de lignes polygonales, en infinité $\aleph_2$. Sur chaque abscisse β il y a au moins un point f_β par lequel il passe une infinité $\aleph_2$ de pareilles lignes polygonales. En partant de l'abscisse 1, on peut de proche en proche déterminer des alignements.

$$(4)\qquad f'_1,\ f'_2,\ \ldots,\ f'_\omega,\ \ldots,\ f'_p,\ \ldots,$$

jouissant de la propriété suivante : par tout tronçon fini ou dénombrable d'un pareil alignement, par exemple

$$(5)\qquad f'_1,\ f'_2,\ \ldots,\ f'_\omega,\ \ldots,\ f'_\beta,$$

il passe une infinité $\aleph_2$ de fonctionnelles F.

Ces alignements (4) peuvent être appelés fonctionnelles enveloppes. On peut démontrer qu'à partir d'une certaine hauteur dans l'échelle, toute fonctionnelle F est une fonctionnelle enveloppe, propriété que nous n'aurons pas à utiliser.

---

[2] *Ann. de l'Un. de Lyon*, fasc., 7, 1944, p. 5.

Sur chaque alignement (4) il existe nécessairement une infinité de sommets d'où s'échappent latéralement une infinité $\aleph_2$ de lignes F; ces sommets ou nœuds sont nécessairement en infinité $\aleph_1$ sur (4), sans quoi (4) ne saurait être une fonctionnelle enveloppe.

Dans leur ensemble les lignes (4) figurent donc un schéma bifurqué R dont chaque file possède $\aleph_1$ sommets, et parmi ces sommets une infinité $\aleph_1$ de nœuds de bifurcation.

De ce réseau R extrayons un réseau R', en limitant à 2 le nombre maximum des bifurcations en chaque nœud, en partant d'un point d'abscisse 1, et en limitant la longueur de chaque file à un nœud α_3 déterminé, mais tel qu'avant lui il y en ait une infinité d'autres. Le réseau R' est alors un schéma bifurqué binaire d'ordre infini. L'ensemble de ses files a la puissance du continu.

Je dis que cet ensemble a aussi la puissance $\aleph_1$; en effet par chaque extrémité d'une file R', faisons passer la fonctionnelle F la plus basse passant par cette file. On obtient un nouveau réseau R_1 de fonctionnelles F, mais ce réseau R_1 ne contient qu'une infinité $\aleph_1$ de fonctions F, puisque aucune de ses files de $\aleph_1$ sommets n'admet $\aleph_1$ nœuds de bifurcation.

Le théorème du continu est donc démontré, et la bonne ordination du continu est assurée, puisque à toute file du réseau R_1 correspond d'une part une représentation binaire d'un nombre compris entre zéro et 1, d'autre part un ordinal F de la troisième classe. Ces ordinaux F sont d'ailleurs tous inférieurs à un ordinal déterminé de la troisième classe, puisqu'ils sont seulement en infinité $\aleph_1$.

ALGÈBRE. — *Extension de la théorie de Galois aux corps non commutatifs.* Note (1) de M. **Henri Cartan**, présentée par M. Élie Cartan.

1. La *théorie de Galois*, sous la forme que lui a donnée Artin, consiste à étudier les relations entre les groupes d'automorphismes d'un corps (commutatif) K, et les sous-corps du corps K. De ce point de vue, elle est susceptible d'être généralisée au cas des corps non commutatifs (Schiefkörper), comme nous allons le montrer dans cette Note et dans une Note ultérieure. Notre théorie englobe celle que E. Nœther (2) nommait la *théorie de Galois* des corps non commutatifs, et qui concernait les groupes d'automorphismes *intérieurs* d'un corps de rang fini sur son centre. Mais notre théorie englobe aussi la théorie de Jacobson (3), relative aux groupes d'automorphismes *extérieurs* d'un corps (commutatif ou non), théorie qui elle-même contenait comme cas parti-

(1) Séance du 6 janvier 1947.

(2) *Nichtkommutative Algebra* (*Math. Zeits.*, 37, 1933, pp. 514-541). Pour ces questions, consulter Deuring, *Algebren* (*Ergebnisse*, IV, 1, 1935). Voir aussi van der Waerden, *Modern Algebra*, II, 2e éd., pp. 202-204 (*Hauptsätze der Schiefkörpertheorie*).

(3) *Ann. of Math.*, 41, 1940, pp. 1-7.

culier celle de Galois-Artin pour le cas commutatif. Ainsi les théories de Skolem-Nœther d'une part, de Galois-Artin-Jacobson d'autre part, apparaissent comme les deux pôles d'une théorie unitaire ([4]).

2. Pour pouvoir énoncer nos théorèmes, il faut préciser certaines notions et notations.

Par *automorphisme* d'un corps K (commutatif ou non), on entend une application biunivoque ω de K sur K, telle que $\omega(x-y)=\omega(x)-\omega(y)$, et $\omega(xy)=\omega(x)\omega(y)$. Soit K^* le groupe multiplicatif des éléments $\neq 0$ de K; plus généralement, L^* désignera le sous-groupe de K^* formé des éléments $\neq 0$ d'un sous-corps L. Pour $k\in K^*$, l'application $x\to kxk^{-1}$ de K sur K est un automorphisme de K, dit *intérieur*, et noté σ_k. Les automorphismes intérieurs de K forment un *groupe* Γ, isomorphe au groupe quotient K^*/C^* (C désigne le *centre* de K). Pour tout groupe G d'automorphismes (quelconques) de K, $G\cap\Gamma$ est sous-groupe *distingué* de G; notons K(G) le *sous-groupe* de K^* formé des k tels que $\sigma_k\in G$; K(G) contient C^* et est *invariant* (dans son ensemble) par le groupe G. Soit $\widehat{K(G)}$ le *sous-corps* (de K) engendré par K(G). Les automorphismes composés de la forme $\sigma_k\circ\omega$, où ω parcourt G, et k parcourt $(\widehat{K(G)})^*$, forment un *groupe* $\hat{G}$ contenant G. On dira que G est *achevé* si $\hat{G}=G$, c'est-à-dire si $K(G)\cup\{0\}$ est un *sous-corps* de K. Dans tous les cas, $\hat{G}$ est achevé; c'est le plus petit sous-groupe achevé contenant G.

3. La donnée d'un *sous-corps* L de K définit sur K une structure *d'espace vectoriel* (à gauche) sur le corps L, et aussi une structure d'espace vectoriel (à droite) sur L. Pour toute partie E de K, on appelle *rang* (à gauche) de E sur L, la dimension du sous-espace vectoriel (à gauche sur L) engendré par E; on définit de même le rang à droite. Si K est de rang *fini* (à gauche) sur L, tout *sous-anneau* de K contenant L est un *sous-corps* de K.

En particulier, K est muni d'une structure d'espace vectoriel sur son centre C (les deux structures à gauche et à droite sont identiques). G désignant un groupe d'automorphismes de K, le sous-espace vectoriel (sur C) engendré par K(G) est un *sous-anneau* de K; en outre, si K(G) est de rang *fini* sur C, ce sous-anneau est un *sous-corps*, et c'est donc $\widehat{K(G)}$.

4. A chaque sous-corps L de K on associe le groupe, noté G_L^K, de tous les automorphismes de K qui laissent invariants tous les éléments de L (individuellement). Ce sont, en somme, les automorphismes de la structure de *corps* de K qui sont aussi automorphismes de la structure *d'espace vectoriel sur* L. Le groupe G_L^K est *achevé*.

([4]) Toutefois les résultats de Skolem-Nœther valent non seulement pour les corps, mais pour les *anneaux simples*, tandis que nos résultats et les méthodes qui y conduisent sont particuliers au cas des corps.

Inversement, à tout groupe G d'automorphismes de K, on associe le sous-corps des éléments (de K) invariants par G. Un sous-corps L est dit *sous-corps galoisien* de K s'il est le sous-corps des invariants d'un groupe convenable d'automorphismes de K; dans ce cas, on dit aussi que K est une *extension galoisienne* de L, et G_L^K s'appelle le *groupe de Galois* de K relativement à L.

Deux groupes distincts peuvent posséder le même sous-corps d'invariants. Par exemple, le plus petit groupe achevé $\widehat{G}$ contenant un groupe d'automorphismes G possède le même sous-corps d'invariants que G.

Dans une prochaine Note, nous énoncerons les principaux théorèmes de la *théorie de Galois* pour les corps non nécessairement commutatifs.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les coefficients différentiels d'ordre supérieur.* Note de M. **Ernest Corominas Vigneaux**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Nous appelons dérivées de Peano celles qu'a étudiées M. Denjoy dans son Mémoire fondamental *Sur l'intégration des coefficients différentiels d'ordre supérieur* (*Fundamenta Mathematicæ*, 1935). Il semble que Peano fut le premier à donner une définition convenable des dérivées en employant le développement de Taylor. Pour les propriétés des dérivées (P), on peut consulter le Mémoire sus-indiqué.

Nous disons, suivant Peano, que $f(x)$ est n fois différentiable dans un point x quand elle est égale à un polynome de degré n, dont la variable est l'accroissement, plus un infiniment petit d'ordre supérieur à n. Nous aurons donc

$$(1) \qquad f(x+h)=f(x)+\frac{f'(x)}{1!}h+\frac{f''(x)}{2!}h^2+\ldots+\frac{f^{n)}(x)}{n!}h^n+o(h^n).$$

Cette formule est, dans le calcul classique, un théorème; ici par contre nous la prenons comme point de départ. Nous avons pu démontrer, pour ces coefficients différentiels, la validité des théorèmes de la valeur moyenne.

Par exemple, si nous représentons le système de points $a_1 a_2, \ldots, a_{n+1}$ par le symbole E, et par $\underset{E}{\triangle}^n f(x)$ la $n^{\text{ième}}$ différence ajustée de $f(x)$ prise sur les $n+1$ points E, alors nous pourrons écrire

$$(2) \qquad \underset{E}{\triangle}^n f(x)=f^n(c),$$

où c est un point compris entre les deux points extrêmes de E. Bien entendu, la dérivée du second membre est une dérivée de Peano, et la différence ajustée est une différence divisée, multipliée par n.

Dans le cas particulier où $n=1$, (2) devient le théorème des accroissements finis.

D'une façon analogue, si entre les extrêmes de E, $f^{(n)}(x)$ et $g^{(n)}(x)$ ne s'annulent pas simultanément et $\underset{E}{\triangle}^{n} g(x) \neq 0$, il existe toujours au moins un point intérieur c tel que

$$(3) \qquad \frac{\underset{E}{\triangle}^{n} f(x)}{\underset{E}{\triangle}^{n} g(x)} = \frac{f^{(n)}(c)}{g^{(n)}(c)}.$$

C'est le théorème analogue au théorème de Cauchy.

Aussi, quand on a $f'(x) = f''(x) = \ldots = f^{(n-1)}(x) = 0$ et $f^{(n)}(x) \neq 0$, on peut écrire

$$(4) \qquad f(x+h) - f(x) = \frac{h^n}{n!} f^{(n)}(x+dh) \qquad (0 < d < 1).$$

De ce fait, on tire la validité du reste de Lagrange, avec les dérivées de Peano, pour le développement de Taylor.

On peut aisément comprendre la possibilité de la déduction de chaque théorème classique dans le langage de la nouvelle dérivation. Par exemple, les dérivées (P) ont aussi la propriété de Darboux.

Quand $f(x)$ admet une dérivée (P) d'ordre $(n+m)$, on a

$$(5) \qquad \underset{E}{\triangle}^{m} f^{(n)}(x) = f^{(n+m)}(c),$$

quoique, en général, $f^{(n+m)}(x)$ ne soit pas la dérivée d'ordre m de $f^{(n)}(x)$.

Profitant de cette particularité, nous avons introduit un nouveau système de dérivation (P_n). Dans ce système la dérivée $m^{\text{ième}}$ de $f^{(n)}(x)$ est $f^{(n+m)}(x)$. Bien entendu, le calcul effectif de la dérivée d'ordre $m(P_n)$ exige la détermination de la primitive $n^{\text{ième}}$ de $f^{(n)}(x)$; ceci a été réalisé préalablement par M. Denjoy moyennant une totalisation spéciale.

Le système de dérivation (P_n), dès que $n > 0$, permet à certaines fonctions discontinues d'être différentiables. La validité des théorèmes de la valeur moyenne est assuré, selon (5), par la dérivation (P_n).

D'ailleurs, on démontre sans difficultés que la dérivée (P) d'ordre m de $f^{(n)}(x)$, si elle existe, est la dérivée d'ordre $n+m$ de $f(x)$. Comme nous l'avons déjà remarqué, la réciproque n'est pas exacte, et c'est ce qui constitue l'unique différence que nous ayons rencontrée entre dérivées (P) et ordinaires. On voit donc que le système (P) généralise, en conservant presque toutes ses propriétés, le système des dérivées ordinaires, tout en comprenant un champ beaucoup plus vaste.

Les deux modes de dérivation peuvent éventuellement se séparer, mais seulement dans le cas de dérivées non bornées. Effectivement, nous avons montré

l'équivalence des deux systèmes dans le cas de dérivées bornées. Cela fait comprendre la nature de la différence entre les deux conceptions, parce que c'est dans le cas de discontinuité, finie ou infinie, que la seule dérivation possible est celle de Peano. Elle ne réussit cependant pas toujours.

Les théorèmes classiques de dérivation des séries fonctionnelles sont aussi valables dans le nouveau système.

Pour les points remplissant certaines conditions locales, on peut également signaler quelques résultats. Par exemple, étant donnée une fonction différentiable dans le sens ordinaire, et dont la courbe représentative a trois points en ligne droite, il existe toujours au moins un point d'inflexion. Ces points d'inflexion forment un ensemble qui peut être non dénombrable, tandis que l'ensemble des points de maximum ou minimum ne peut dépasser l'infinité dénombrable.

CALCUL SYMBOLIQUE. — *Image de $f(\sqrt{t})$; application à la résolution d'une équation intégrale.* Note de M. **Maurice Parodi**.

Soit $\varphi(p) \subset f(t)$; proposons-nous d'exprimer l'image de $f(\sqrt{t})$ en fonction de $\varphi(p)$.

Par définition, on a pour l'image de $f(\sqrt{t})$

$$\text{(1)} \qquad I(p) = p\int_0^\infty e^{-pt} f(\sqrt{t})\, dt.$$

Posons $\sqrt{t} = z$, nous obtenons

$$I(p) = 2p\int_0^\infty e^{-pz^2} z f(z)\, dz.$$

Or, on sait que l'on a

$$e^{-pz^2} = \frac{1}{z\sqrt{\pi p}\sqrt{p}}\int_0^\infty e^{-zy} \cos\left(\frac{y^2}{2p} - zy\right) y\, dy.$$

Il vient donc en supposant $f(z)$ telle que l'on puisse intervertir l'ordre des intégrations [en particulier si $f(z) = z^\alpha$, il faut $|\alpha| < 1$],

$$\text{(2)} \qquad I(p) = \frac{2}{\sqrt{\pi p}}\int_0^\infty y\, dy\int_0^\infty e^{-zy} f(z) \cos\left(\frac{y^2}{2p} - zy\right) dz.$$

En posant

$$A = \int_0^\infty e^{-zy} f(z) \cos\left(\frac{y^2}{2p} - zy\right) dz,$$

des calculs élémentaires donnent

$$A = \frac{1}{2}\left\{ e^{\frac{iy^2}{2p}} \frac{\varphi[y(1+i)]}{y(1+i)} + e^{-\frac{iy^2}{2p}} \frac{\varphi[y(1-i)]}{y(1-i)} \right\}$$

et l'on obtient finalement

$$\mathrm{I}(p)=\frac{1}{\sqrt{\pi p}}\int_0^{\infty}\left\{e^{\frac{iy^2}{2p}}\frac{\varphi[y(1+i)]}{1+i}+e^{-\frac{iy^2}{2p}}\frac{\varphi[y(1-i)]}{1-i}\right\}dy\subset f(\sqrt{t})$$

à condition que les intégrales aient un sens.

Application. — Soit à résoudre l'équation intégrale en $\varphi(p)$

$$\frac{p}{\sqrt{\pi}}\int_0^{\infty}e^{-\frac{p^2x^2}{4}}\varphi\left(\frac{1}{x^2}\right)dx=\theta(p). \tag{3}$$

En posant

$$f(t)\supset\varphi(p),\quad g(t)\supset\theta(p),$$

l'équation (3) apparaît comme l'image, prise par rapport à t, de l'équation

$$f(t^2)=g(t),$$

puisque ([1])

$$f(t^2)\supset\frac{p}{\sqrt{\pi}}\int_0^{\infty}e^{-\frac{p^2x^2}{4}}\varphi\left(\frac{1}{x^2}\right)dx.$$

Posant $t^2=z$, il vient

$$f(z)=g(\sqrt{z})$$

et une solution de (3) est

$$\varphi(p)=\frac{1}{\sqrt{\pi p}}\int_0^{\infty}\left\{e^{\frac{iy^2}{2p}}\frac{\theta[y(1+i)]}{1+i}+e^{-\frac{iy^2}{2p}}\frac{\theta[y(1-i)]}{1-i}\right\}dy,$$

solution pour laquelle il sera nécessaire de vérifier que l'inversion de l'ordre des intégrations dans (2) était possible et que l'intégrale a un sens.

TOPOLOGIE. — *Sur les fonctions multiformes.*
Note ([1]) de M. **Robert Brisac**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

A l'instigation de M. E. Blanc nous nous sommes proposé d'établir des relations entre certaines catégories de fonctions multiformes définies au moyen des limites supérieure et inférieure ([2]) et les fonctions semi-continues inférieurement et supérieurement de Hahn ([3]), en abrégé sci et scs.

I. Soient deux espaces topologiques quelconques X et Y ([4]) et soit R une application multiforme de X dans Y; $\mathrm{R}(x)$, x représentant un point de X, est

---

([1]) P. Humbert et Mc Lachlan, *Formulaire pour le Calcul symbolique* (*Mémorial des Sciences mathématiques*, fasc. 100).

([1]) Séance du 6 janvier 1946.

([2]) E. Blanc, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1769.

([3]) *Reelle Funktionen*, pp. 148 et suiv.

([4]) Cf. par exemple Bourbaki, *Topologie générale*, Chap. I, p. 1.

un ensemble de Y; si R(x) est fermé pour tout x, nous dirons que R est fermée; nous désignerons par R^- l'application inverse de R. Par définition, la limite inférieure de R en x, IR(x), est l'ensemble des points y tels que l'image par R^- de tout voisinage de y (au sens de Fréchet) soit un voisinage de x; la limite supérieure de R en x, SR(x), est l'ensemble des points y tels que l'image par R^- de tout voisinage de y admette x comme point adhérent (ces définitions coïncident, dans le cas des métriques, avec les définitions habituelles (5) lorsque l'on n'exclut pas R(x) de la limite supérieure). Nous obtenons alors :

1° Pour qu'une fonction R soit sci en x, il faut et il suffit que l'adhérence de R(x) soit identique à IR(x) : les fonctions sci fermées coïncident avec les fonctions $\overline{\overline{\text{SCI}}}$ de M. Blanc.

2° Si l'espace Y est régulier et si une fonction R est scs en x, l'adhérence de R(x) est identique à SR(x).

Si l'espace Y est compact (6) pour que R soit scs en x, il faut et il suffit que l'adhérence de R(x) soit identique à SR(x) : dans ce cas les fonctions scs fermées coïncident avec les fonctions $\overline{\overline{\text{SCI}}}$ de M. Blanc (des exemples très simples montrent que cette dernière condition est nécessaire).

II. On sait qu'une fonction R sci (resp. scs) en tout point est caractérisée par le fait que l'image par R^- d'un ouvert (fermé) est ouverte (fermée) (7). Il en résulte d'importantes propriétés de ces fonctions qui ne possèdent pas les fonctions dont la semi-continuité est définie au moyen des limites; par exemple :

1° Si une fonction sci (ou scs) est uniforme, elle est continue.

2° La fonction composée de deux fonctions sci (resp. scs) est une fonction de même nature.

III. Voici au contraire une propriété propre aux fonctions $\overline{\overline{\text{SCI}}}$.

Pour que l'image dans l'espace produit (X, Y) d'une fonction multiforme fermée R soit fermée, il faut et il suffit que, pour tout x, R(x) soit identique à SR(x) (8).

Il en résulte que si R est $\overline{\overline{\text{SCI}}}$, R^- l'est aussi.

On en déduit, pour les fonctions scs, les propriétés suivantes qui les rapprochent des fonctions continues uniformes.

Si l'espace X est compact et l'espace Y est régulier, si la fonction R est scs et fermée, R^- est scs; dans les mêmes conditions, l'image d'un fermé par R est fermée.

IV. Tandis que les fonctions définies comme limites, sont fermées, les fonc-

(5) Cf. par exemple KURATOWSKI, *Fund. Math.*, **18**, 1932, pp. 148 et suiv.

(6) Au sens de BOURBAKI, *loc. cit.*, p. 59.

(7) Voir à ce sujet la Note de Pauc (*Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 565) où sont analysées de façon très précise les propriétés des fonctions de Hahn dans des espaces qui ne sont pas nécessairement topologiques (au sens de Bourbaki).

(8) KURATOWSKI, *loc. cit.*, p. 151, démontre ce théorème dans le cas des espaces métriques.

tions sci et scs ne le sont pas nécessairement. Une fonction et son adhérence sont en tout point x simultanément sci ou non sci. Si une fonction est scs, son adhérence l'est aussi, mais la réciproque n'est pas vraie; en particulier pour qu'une fonction R, ouverte [$R(x)$ ouvert quel que soit x] soit scs, il faut et il suffit que R soit maximum en chaque point (par rapport à l'inclusion); plus spécialement, si R est ouverte, scs et sci, R a une adhérence constante sur tout ensemble connexe.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les espaces d'Einstein à connexion affine.* Note [1] de M. **Mendel Haimovici**, présentée par M. Élie Cartan.

A la suite d'un Mémoire de MM. A. Einstein et V. Bargman [2] sur les espaces définis par un champ de tenseurs qui dépendent de deux points, M. A. Einstein [3] étudie un espace défini par une connexion euclidienne, dans lequel l'équipollence de deux vecteurs à distance finie est définie par une certaine transformation euclidienne entre les espaces euclidiens tangents en ces deux points, transformation qui dépend d'une façon donnée, mais d'ailleurs arbitraire, des deux points. Les composantes des vecteurs équipollents étant $\overset{i}{\xi^\alpha}$ et $\overset{k}{\xi^\beta}$ respectivement aux points α et β et dans les repères choisis en ces deux points, la condition d'équipollence est exprimée par une relation de la forme

$$\overset{i}{\xi^\alpha} = \overset{i}{g^\alpha}{}_{\underset{\beta}{k}}\overset{k}{\xi^\beta}$$

où $\overset{i}{g^\alpha}{}_{\underset{\beta}{k}}$ dépendent des points α et β. Dans ce qui suit, nous supposons que $g^\alpha{}_{\underset{\beta}{k}}$ sont arbitraires, c'est-à-dire que nous avons affaire à une correspondance affine quelconque.

1. Pour l'étude de ces espaces, il convient de les considérer comme engendrés, non pas par des points, mais par des couples de points. Les déplacements des points α et β dans les repères choisis étant $\overset{i}{\omega^\alpha}$ et $\overset{k}{\omega^\beta}$, ces déplacements sont équipollents si

$$\overset{i}{\omega^\alpha} = \overset{i}{g^\alpha}{}_{\underset{\beta}{k}}\overset{k}{\omega^\beta}.$$

On peut, en changeant les repères, amener cette équation à avoir la forme

$$\underset{(\alpha)}{\omega^i}(\alpha, \beta, d\alpha) = \underset{(\beta)}{\varpi^i}(\alpha, \beta, d\beta), \tag{1}$$

où $\underset{(\alpha)}{\omega^i}$ et $\underset{(\beta)}{\varpi^i}$ sont des pfaffiens qui dépendent respectivement de α, β, $d\alpha$ et α, β, $d\beta$.

---

(1) Séance du 6 janvier 1947.

(2) *Annals of Math.*, 45, 1944, pp. 1-14.

(3) *Ibid.*, pp. 15-23.

2. Dans cet espace à $2n$ dimensions (coordonnées des deux points α, β), il convient d'introduire une connexion affine infinitésimale (autre que la connexion d'Einstein, que nous appellerons connexion fondamentale) à l'aide d'axiomes de nature invariante. On peut le faire de plusieurs manières. Nous le ferons ici par les deux axiomes suivants :

a. Considérons un vecteur $\overset{i}{\xi}{}^{\alpha}$ en α et son équipollent $\overset{i}{\xi}{}^{\beta}$ en β dans la connexion fondamentale. Soient $\overset{i}{\xi}{}'^{\alpha'}$ et $\overset{i}{\xi}{}'^{\beta'}$ des vecteurs équipollents respectivement à $\overset{i}{\xi}{}^{\alpha}$ et $\overset{i}{\xi}{}^{\beta}$ en $\alpha' = \alpha + d\alpha$ et $\beta' = \beta + d\beta$ dans la connexion infinitésimale. *$\overset{i}{\xi}{}'^{\alpha'}$ et $\overset{i}{\xi}{}'^{\beta'}$ sont équipollents dans la connexion fondamentale.*

b. Si le point α reste fixe et que le point β se déplace en $\beta' = \beta + d\beta$, *alors un vecteur infinitésimal à origine et extrémité fixes issu de α reste parallèle à lui-même*, et la même chose arrive s'il s'agit d'un vecteur fixe en β lorsque le point α se déplace en $\alpha' = \alpha + d\alpha$.

A l'aide de ces axiomes, les composantes de la connexion affine peuvent être complètement déterminées. Les équations de structure de l'espace sont

$$(2)\qquad \left\{\begin{aligned} &(\underset{(\alpha)}{\omega^i})' - [\underset{(\alpha)}{\omega^j}\,\omega^i_j] = \frac{1}{2}\underset{(\alpha)}{A^i_{jk}}[\underset{(\alpha)}{\omega^j}\,\underset{(\alpha)}{\omega^k}],\\ &(\underset{(\beta)}{\varpi^i})' - [\underset{(\beta)}{\varpi^j}\,\omega^i_j] = \frac{1}{2}\underset{(\beta)}{A^i_{jk}}[\underset{(\beta)}{\varpi^j}\,\underset{(\beta)}{\varpi^k}],\\ &(\omega^i_j)' - [\omega^r_j\,\omega^i_r] = \underset{\alpha\beta}{R_j{}^i{}_{kl}}[\underset{(\alpha)}{\omega^k}\,\underset{(\beta)}{\varpi^l}]. \end{aligned}\right.$$

3. Nous laissons les développements géométriques pour un autre travail. Faisons ici seulement les remarques suivantes :

Supposons que α parcoure une courbe $\underset{(\alpha)}{C}$ quelconque à partir d'un point α_0 et considérons à partir d'un point β_0 quelconque, pour chaque déplacement infinitésimal de α sur $\underset{(\alpha)}{C}$, le déplacement équipollent de β dans la connexion fondamentale. Si la courbe $\underset{(\alpha)}{C}$ est fermée, la condition pour que $\underset{(\beta)}{C}$ (décrite par β) soit aussi fermée est que

$$(3)\qquad \underset{(\alpha)}{A^i_{jk}} = \underset{(\beta)}{A^i_{jk}},$$

ou que le système (1) soit complètement intégrable. Dans ce cas, ce système définit une famille simplement transitive de transformations de variables, et nous avons ainsi une autre représentation des espaces de ces transformations, que nous avons étudiés dans quelques travaux récents ([4]).

Si les conditions requises pour que les points α et β puissent être conçus comme faisant partie d'un même espace (à savoir que si $\alpha = \beta$ un vecteur soit

---

([4]) Voir par exemple *Bull. Sect. Scient. Acad. Roumaine*, **28**, 1945, pp. 143-147.

équipollent à lui-même dans la correspondance fondamentale et que, dans cette correspondance fondamentale, si $\overset{i}{\xi}{}^{\alpha}$ est équipollent à $\overset{i}{\xi}{}^{\beta}$, $\overset{i}{\xi}{}^{\beta}$ est équipollent à $\overset{i}{\xi}{}^{\alpha}$) on doit avoir $\underset{\alpha}{\overset{i}{\omega}}(\alpha, \alpha, d\alpha) = \underset{(\beta)}{\overset{i}{\varpi}}(\alpha, \alpha, d\alpha)$, et les égalités (1) doivent entraîner $\underset{(\alpha)}{\overset{i}{\omega}}(\beta, \alpha, d\beta) = \underset{(\beta)}{\overset{i}{\varpi}}(\beta, \alpha, d\alpha)$. Dans ce cas, si le tenseur de courbure R^{i}_{jkl} est nul, la connexion fondamentale est une connexion affine à parallélisme absolu dans le sens classique et se confond avec la connexion infinitésimale. Si la condition (3) est remplie, les transformations qui amènent α et β forment un groupe. La connexion affine est équivalente à la seconde connexion affine de MM. Cartan et Schouten ([5]).

On peut encore introduire d'autres connexions affines infinitésimales correspondant aux autres connexions affines des espaces de groupes.

CALCUL NUMÉRIQUE. — *Principe d'une règle à calcul présentant une échelle logarithmique de grande longueur.* Note ([1]) de M. **Georges Baudouin**, présentée par M. Jean Chazy.

Étant tracés l'arc (S) de sinusoïde

$$y = \sin\left(\frac{\pi}{4} - x\right) \left(0 < x < \frac{\pi}{2}\right)$$

et le demi-cercle (Γ)

$$x = -\cos\left(\frac{\pi}{4} - \theta\right), \qquad y = \sin\left(\frac{\pi}{4} - \theta\right) \left(-\frac{\pi}{4} < \theta < \frac{3\pi}{4}\right),$$

à tout point M de (S) correspond un point m de (Γ), de même ordonnée et tel que $\theta = x$.

Portons sur (S) une graduation correspondant à une échelle logarithmique sur l'axe Ox, c'est-à-dire inscrivons en M le nombre u défini par

$$x = \frac{\pi}{2} \log \frac{u}{10};$$

nous aurons $u = 10$ au point $A[x = 0,\ y = \sin(\pi/4)]$, et $u = 100$ au point $K[x = \pi/2,\ y = -\sin(\pi/4)]$. En inscrivant en m_1 le nombre u, nous aurons aussi

$$\theta = \frac{\pi}{2} \log \frac{u}{10}.$$

Les relations

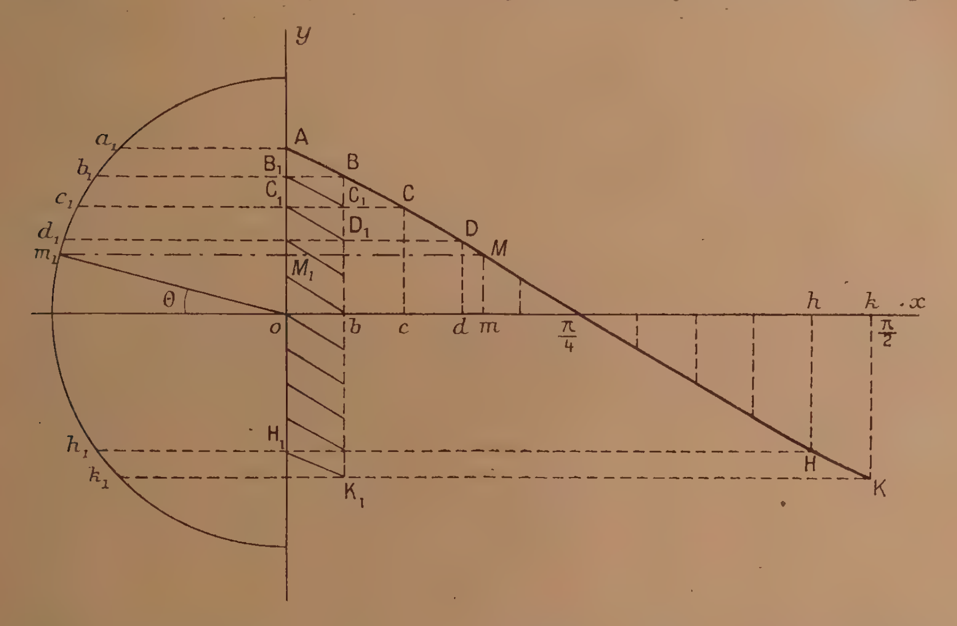
$$x + x' = \theta + \theta' = \frac{\pi}{2} \log \frac{u u'}{100}$$

([5]) E. Cartan, *Journ. Math. pures et appl.*, 9e série, 6, 1927, pp. 11-19.

([1]) Séance du 23 décembre 1946.

montrent que la détermination du produit uu' se ramène à l'addition des abscisses x, x' ou des angles θ, θ'.

Divisons le segment Ok de Ox $(\overline{Ok} = \pi/2)$ en dix parties égales par les points b, c, ..., h, k; (S) est alors découpé en dix arcs AB, BC, ..., HK par



les points projetés sur Ox en b, c, ... En faisant subir à ces arcs les translations parallèles à Ox de mesures o, $-(\pi/20)$, ..., $-(p\pi/20)$, ... (p entier), on obtient des arcs gradués AB, B_1C_1, C_1D_1, ..., H_1K_1, qui diffèrent peu de segments de droites, et qui se trouvent rassemblés à l'intérieur d'un rectangle de largeur égale à $Ok/10$ et de hauteur 2OA. Le nombre u est alors défini par un point M_1 sur l'un des arcs, d'abscisse

$$X = \frac{\pi}{2}\log\frac{u}{10} - q\frac{\pi}{20} \qquad (q \text{ entier}),$$

et par le point m' de (Γ) qui n'est pas changé. Le produit de deux nombres uu' sera défini à partir de la somme $X + X'$, qui détermine une parallèle à Oy coupant les divers arcs de sinusoïde en dix points, et la valeur de $\theta + \theta'$ permet de choisir parmi ces dix points le point M_1 qui donne uu'.

Grâce à un dispositif simple comportant un curseur, autour du centre duquel on peut faire tourner deux anneaux circulaires, on évalue $\theta + \theta'$ avec une approximation suffisante pour déterminer sans ambiguïté celui des arcs AB, B_1C_1, ... sur lequel on doit lire le produit uu'.

Ainsi, avec une règle de dimensions restreintes, soit 20^{cm} sur 4^{cm}, *on peut*, grâce au découpage de l'échelle logarithmique de 10 à 100 en dix parties superposées, *obtenir une précision environ dix fois plus grande qu'avec les règles ordinaires*.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Mesure de la diffusion turbulente du vent naturel dans le voisinage du sol.* Note [1] de M. **François N. Frenkiel**, présentée par M. Henri Villat.

1. Dans une Note antérieure [2] j'ai décrit une méthode de mesure colorimétrique de la diffusion turbulente en soufflerie. Cette méthode peut aussi servir pour l'étude de la turbulence du vent naturel et pourrait être employée à des mesures journalières de la turbulence atmosphérique, destinées à compléter les bulletins d'observation en météorologie synoptique.

Un certain nombre d'essais ont été faits sur l'aérodrome de Lille en 1940 dans les couches basses de l'atmosphère. Les taches produites par l'ammoniac sur les cadres de fils sont de forme elliptique avec un grand diamètre horizontal [3]. A titre d'exemple, je donne ci-dessous quelques résultats obtenus avec des fils préparés à l'éosine. Les mesures ont été faites avec deux émetteurs, un à 1^m et le deuxième à 2^m du sol. La durée de l'émission est Δt, X la distance entre l'émetteur et le cadre, D_y et D_z les diamètres horizontal et vertical de la tache.

	Altitude (cm).	X (cm).	Δt (s).	$\overline{u}$ (cm/s).	D_y (cm).	D_z (cm).	D_y/D_z.
Le 17-1-1940 à 9^{h}50....	200	73	300	384	68	44	1,55
température — 8°,1...	100	72	300	345	76	48	1,58
Le 18-1-1940 à 16^{h}50....	200	73	180	188	76	40	1,9
température — 2°,5...	100	72	180	177	84	56	1,5
Le 20-1-1940 à 17^h......	200	73	360	351	58	40	1,45
température — 5°....	100	72	360	280	60	42	1,43

2. Soit à l'instant $t+h$ les coordonnées x_h, y_h, z_h d'une particule qui est passée à l'instant t à l'origine de la diffusion. J'appelle coefficients de diffusion turbulente rapportés à un intervalle de temps h les expressions

$$(1)\qquad n_x^* = \frac{1}{2}\frac{d}{dh}\overline{(x_h - h\overline{u})^2},\qquad n_y^* = \frac{1}{2}\frac{d}{dh}\overline{(y_h^2)},\qquad n_z^* = \frac{1}{2}\frac{d}{dh}\overline{(z_h^2)}.$$

Ces coefficients peuvent être calculés en fonction des coefficients de corrélation du système de Lagrange $R_{tL}^u(h)$, $R_{tL}^v(h)$, $R_{tL}^w(h)$, en appliquant l'équation de J. Kampé de Fériet [4]. On a en particulier

$$(2)\qquad n_y^* = \overline{v'^2}\int_0^h R_{tL}^v(s)\,ds,\qquad n_z^* = \overline{w'^2}\int_0^h R_{tL}^w(s)\,ds.$$

Quand h croît indéfiniment, les coefficients de diffusion deviennent à la limite,

---

(1) Séance du 2 décembre 1946.

(2) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1331.

(3) *VIe Cong. Intern. Méc. appl.*, Paris, 1946.

(4) *Ann. Soc. Sci. Bruxelles*, 1re série, **59**, p. 145 [équation (82)].

égaux aux viscosités turbulentes $\nu_y^* = \overline{v'^2}\,L_{tL}^v$, $\nu_z^* = \overline{w'^2}\,L_{tL}^w$ $\left(L_{tL} = \int_0^\infty R_{tL}(s)\,ds\right)$.
Quand h est petit par rapport à L_{tL}, alors $n_y^* = \overline{v'^2}\,h$ et $n_z^* = \overline{w'^2}\,h$.

3. Pour déterminer le rapport entre les viscosités turbulentes transversales ν_y^* et ν_z^* on peut appliquer les équations de J. Kampé de Fériet ([5]) et plus particulièrement la solution asymptotique

$$\bar{s} = \frac{Q\bar{u}}{8\pi N}\,\frac{1}{\xi}\exp\left(-\frac{\eta^2+\zeta^2}{2\xi}\right), \tag{3}$$

qui donne la concentration moyenne des grains émis par une source ponctuelle débitant Q grains par unité de temps, quand l'effet du procédé de l'émission peut être négligé. Dans cette expression

$$N = \nu_x^*\sqrt{\nu_y^*\nu_z^*} \qquad \xi = \frac{\bar{u}x}{2\nu_x^*} \qquad \zeta = \frac{uy}{2\sqrt{\nu_x^*\nu_y^*}} \qquad \eta = \frac{uz}{2\sqrt{\nu_x^*\nu_z^*}}.$$

Sur les limites des taches formées sur les cadres de fils de même sensibilité et pour des quantités constantes d'ammoniac, on a

$$\frac{1}{x}\exp\left[\frac{\bar{u}}{4x\nu_x^*}(a^2y^2+b^2z^2)\right] = \text{const.} \tag{4}$$

avec

$$a^2 = \frac{\nu_y^*}{\nu_x^*} \quad \text{et} \quad b^2 = \frac{\nu_z^*}{\nu_x^*}.$$

Il en résulte que dans un plan $x = \text{const.}$ la courbe qui limite une tache est une ellipse $a^2y^2 + b^2z^2 = \text{const.}$, et que le rapport des diamètres de cette ellipse est

$$\frac{D_y}{D_z} = \sqrt{\frac{\nu_y^*}{\nu_z^*}}. \tag{5}$$

4. Le temps de corrélation L_{tL} dans le vent naturel est certainement grand par rapport à h, et l'on ne peut pas se servir de l'équation (5). Mais en remplaçant dans (3) les ν^* par les n^* correspondants, on trouve

$$\frac{D_y}{D_z} = \sqrt{\frac{\overline{v'^2}}{\overline{w'^2}}}. \tag{6}$$

Relation qui reste d'ailleurs valable pourvu que $\int_0^h R_{tL}^v(s)\,ds$ puisse être considérée comme égale à $\int_0^h R_{tL}^w(s)\,ds$.

Ainsi dans les expériences citées ci-dessus, le rapport des intensités de la turbulence transversale et horizontale $\sqrt{\overline{v'^2}}/\bar{u}$ ou verticale $\sqrt{\overline{w'^2}}/\bar{u}$ varie entre 1,43 et 1,9.

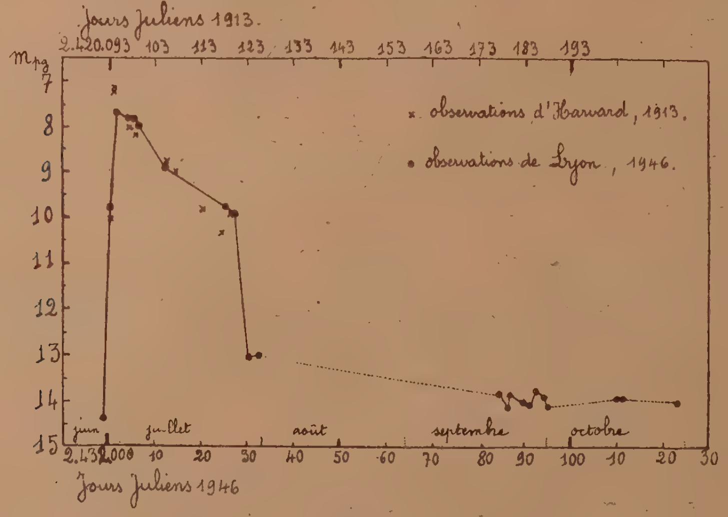
([5]) *Cours sur la turbulence* (non encore publié), professé en 1941 à l'Institut de Mécanique des fluides de Lille.

5. Les méthodes de mesures de la valeur de la viscosité turbulente seront décrites ultérieurement. Pour la mesure de la diffusion turbulente dans la couche limite d'une aile, il pourrait être nécessaire d'employer les solutions exactes de J. Kampé de Fériet, dans lesquelles interviennent des coefficients arbitraires dépendant des conditions de l'émission. On pourra d'ailleurs démontrer que (6) est alors vérifiée dans certains cas particuliers.

ASTROPHYSIQUE. — *Variations lumineuses de nova Sagittæ n° 2, 1913-1946.* Note [1] de M. **Joseph Bigay**, présentée par M. Bernard Lyot.

Cette nova récurrente fut découverte à l'Observatoire d'Harvard par Miss Mackie [2] sur deux plaques du 22 novembre 1913. Anhert [3], de l'Observatoire de Sonneberg, a observé une très forte recrudescence d'éclat de cette étoile sur des clichés des 29, 30 juin et 4 juillet 1946.

J'ai retrouvé cette nova sur une série de 22 clichés obtenus cet été, avec le télescope Schmidt de l'Observatoire de Lyon, au cours d'un travail de photométrie portant sur un champ stellaire extrêmement riche en étoiles variables faibles et centré sur γ Sagittæ. Un cliché sur la séquence polaire a permis de



Courbe de lumière photographique de Nova-Sagittæ n° 2, 1913-1946.

construire la courbe d'étalonnage et de déterminer les magnitudes photographiques dans le système international. Les mesures des clichés ont été effectuées par la méthode de Schilt au microphotomètre Fabry et Buisson. La courbe de lumière photographique (voir la figure) a été tracée pour la période

(1) Séance du 6 janvier 1947.

(2) *Harvard Bulletin*, n° 691 *et Harvard Circular*, n° 219.

(3) *Circulaire de la Société Belge d'Astronomie*, n° 19, 1946.

couverte par les observations (27 juin au 29 octobre 1946) avec, fort heureusement, deux points sur la branche ascendante. Le 27 juin à 1^h30^m, la nova apparaît comme une faible étoile de magnitude 14,4, le 28 juin à 12^h15^m elle est de $9^m,8$, le 29 juin à 1^h38^m de $7^m,7$, les 2 et 3 juillet de $7^m,8$. Son maximum est ainsi assez bien déterminé.

L'examen de la courbe de lumière suggère les remarques suivantes :

1° comme chez la majorité des novæ, la croissance de l'éclat est très rapide : 6,7 magnitudes en 48 heures;

2° le maximum est très aigu, surtout en 1913 où il est supérieur d'une demi-magnitude environ à celui de 1946;

3° après le maximum, l'éclat décline régulièrement et assez rapidement : 2,2 en 27 jours en 1946, soit en moyenne $0^m,08$ par jour et $2^m,7$ en 26 jours en 1913, soit sensiblement $0^m,10$ par jour;

4° on constate ensuite un affaiblissement de plus de 3 magnitudes entre les 25 et 28 juillet 1946, soit une moyenne de 1 magnitude par jour; une chute aussi brusque est exceptionnelle, cependant Nova Herculis 1934 en présente une analogue 3 mois après son maximum;

5° des fluctuations secondaires d'une demi-magnitude environ apparaissent dans la dernière partie de la courbe.

Sur 4 plaques obtenues au triplet Zeiss, les 12 octobre, 22 novembre, 4 et 12 décembre 1945, on voit, à la place exacte de la nova, une étoile de magnitude 14,8, mais il ne s'agit vraisemblablement pas de la nova; en effet, les clichés pris avec des télescopes à grandes distances focales, après le maximum de 1913, révèlent l'existence d'une faible étoile de magnitude 14,8 environ qui se superpose presque à la nova, $0^s,2$ seulement en 1914 ([2]).

Van Maanen ([4]) a déterminé sa parallaxe et son mouvement propre, et a trouvé $\pi = 0'',020$ et $\mu = 0'',079$, ce qui lui confère, à son maximum, une magnitude absolue d'environ $+3,7$ bien supérieure à la valeur moyenne des novæ ordinaires; $-7,0$. Il s'agit donc d'une nova-naine ou sous-nova qui, dans la classification générale des étoiles variables, vient se ranger entre les novæ ordinaires et les variables du type SS Cygni.

ÉLECTRO-ACOUSTIQUE. — *Application des dispositifs régulateurs aux mesures acoustiques*. Note ([1]) de M. **André Moles**, présentée par M. Aimé Cotton.

Quand on relève en milieu indéfini les variations avec la fréquence de la force électromotrice donnée par un microphone placé dans le champ d'un haut-parleur alimenté par une tension constante U, on obtient une courbe $u(\omega)$,

([4]) *Publication of the Astronomical Society of the Pacific*, **46**, 1934, p. 282

([1]) Séance du 27 novembre 1946.

produit de la courbe de réponse $u = p f(\omega)$ du microphone et de la courbe analogue pour le haut-parleur $p = \mathrm{U\,F}(\omega)$, p étant la pression sonore donnée par ce dernier au point où se trouve le microphone. Les courbes $\mathrm{F}(\omega)$ et $f(\omega)$ sont les caractéristiques essentielles des appareils utilisés et présentent un grand intérêt technique.

On relève la réponse d'un haut-parleur en utilisant un micro étalon dont la réponse $f(\omega)$ est connue et en divisant la courbe $u(\omega)$ obtenue par $f(\omega)$. Ce dépouillement est très long et sujet à erreurs. On pourrait l'éviter si la courbe $f(\omega)$ se réduisait à une constante (réponse indépendante de la fréquence). De tels microphones n'existent pas, mais certains étalons électrostatiques ont une réponse suffisamment simple pour qu'il soit possible de la corriger par des circuits électriques appropriés. C'est ce qui a été fait pour un microphone électrostatique sphérique dont la réponse est donnée en pointillé figure 1. Après

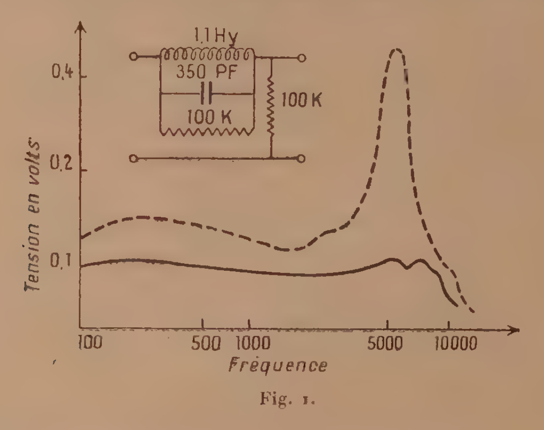


Fig. 1.

correction par le circuit filtre indiqué, la courbe prend l'aspect indiqué en trait plein et peut, à moins de 20 % près, être considérée comme constante.

La courbe de réponse d'un haut-parleur, relevée à l'aide d'un tel microphone, est alors directement proportionnelle à $u(\omega)$.

On relève la courbe de réponse d'un microphone $\mathrm{F}(\omega)$ en plaçant celui-ci dans le champ sonore d'un haut-parleur de réponse connue, en milieu indéfini et en divisant la courbe $u(\omega)$ obtenue par $\mathrm{F}(\omega)$. Il serait intéressant d'éviter le dépouillement, source d'erreurs et de délais, en disposant d'un haut-parleur à réponse constante. Malheureusement, la nécessité de disposer de puissances appréciables conduit à une certaine complexité de construction qui se traduit par une complexité corrélative des courbes de réponse.

Nous avons cherché alors à rendre la courbe de réponse globale du système $u(\omega)$ indépendante de la source sonore. Pour cela, nous avons réalisé un dispositif dit *régulateur* dont le coefficient d'amplification L est inversement proportionnel à la pression sonore

$$\mathrm{L} = \frac{\mathrm{L}_0}{\mathrm{K}p} = \frac{\mathrm{L}_0}{\mathrm{KU\,F}(\omega)}.$$

Ce dispositif, intercalé entre le microphone étudié et l'appareil de mesure de la tension aux bornes — en l'occurence un oscillographe — multiplie la tension $u(\omega)$ par le facteur $L_0/[KU\,F(\omega)]$, d'où

$$u' = U\,F(\omega)\,f(\omega)\,L = \frac{L_0 f(\omega)}{K};$$

la tension u' recueillie à la sortie du régulateur est directement proportionnelle à la réponse du micro étudié $f(\omega)$.

Le dispositif régulateur (schéma de principe *fig.* 2) comprend pratiquement :

1° un appareil de mesure du champ sonore qui sera le microphone étalon

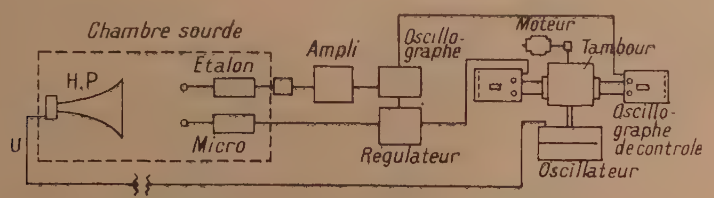


Fig. 2. — Relevé des courbes de réforme avec régulateur.

corrigé ci-dessus, suivi d'un préamplificateur amenant la tension à une valeur convenable;

2° un détecteur fournissant la tension continue de *régulation* proportionnelle au champ sonore;

3° le régulateur proprement dit, constitué d'une lampe pentode à pente variable dont le gain varie sensiblement de façon inversement proportionnelle à la tension appliquée (tension continue précédente), qui reçoit sur sa grille le signal issu du micro étudié placé au voisinage du micro étalon.

On enregistre la courbe en photographiant sur un tambour enregistreur l'amplitude des tensions fournies à l'oscillographe de mesure attaqué par le régulateur précédent. Ce tambour entraîne lui-même le cadran de l'oscillateur fournissant la tension alternative U à fréquence variable au haut-parleur. On remarquera que la courbe $u'(\omega)$ est indépendante de U, ce qui permet d'utiliser un oscillateur quelconque.

L'étalonnage du dispositif se fait en remplaçant le microphone étalon et le microphone étudié par deux microphones rigoureusement identiques. Il est facile de voir qu'en contrôlant l'un par l'autre, la courbe $u''(\omega)$ obtenue sera une horizontale si le système est correctement réglé. On a pu sur un appareil réalisé sur ce principe avec des lampes courantes, obtenir au cours du réglage des variations dans la réponse inférieure à 15 % dans toute l'étendue de la gamme acoustique.

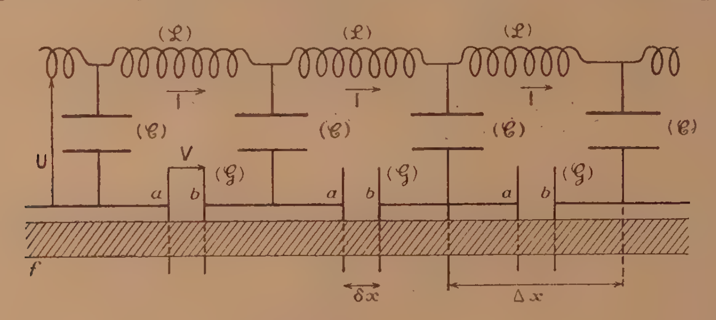
Ce dispositif, facile à réaliser, augmente beaucoup la rapidité et l'exactitude des mesures électro-acoustiques et élimine les erreurs de dépouillement.

Il est possible enfin de l'appliquer à la réalisation d'une source sonore indé-

pendante de la fréquence, en introduisant l'étage régulateur contrôlé par un microphone étalon, donc par la pression sonore, dans l'amplificateur entre générateur et haut-parleur. On réalise ainsi un véritable régulateur de puissance à fréquence variable, et l'on a pu obtenir des variations de pression sonore effective au voisinage du microphone étalon inférieures à 20 % dans l'étendue de la gamme acoustique.

ÉLECTRONIQUE. — *Sur l'interaction entre une onde progressive et un faisceau d'électrons de vitesse voisine de celle de l'onde.* Note [1] de MM. **André Blanc-Lapierre** et **Pierre Lapostolle.**

Soit la ligne à retard indéfinie représentée sur la figure ci-dessous; les valeurs des capacités et des selfs sont indiquées entre parenthèses [2]. U, V et I représentent des différences de potentiel et une intensité; u, Z_c et ω_c sont la vitesse de propagation, l'impédance caractéristique et la pulsation de coupure de la



ligne considérée seule. Le faisceau électronique ff' qui, en l'absence d'interaction, aurait une vitesse et une densité linéaire constantes v_0 ($v_0 \neq u$) et ρ_0 réagit sur les phénomènes électriques dans la ligne entre les armatures de ($\mathcal{G}$) distantes de δx ($\Delta x =$ longueur d'une cellule). L'étude du système ligne + faisceau est régie par 5 équations; 2 traduisent les propriétés des circuits, une exprime la conservation de la charge dans le faisceau et 2 sont relatives à l'interaction [équation de la dynamique et relation exprimant que le courant total entre les armatures de ($\mathcal{G}$) est la somme du courant électronique et du courant de déplacement]. La vitesse et la densité électronique dans le faisceau, compte tenu de l'interaction, sont supposées différer relativement peu de v_0 et ρ_0. Les équations deviennent alors linéaires et homogènes; on peut chercher des solutions du type : $v_0 + v^\star e^{j\omega t}$, $\rho_0 + \rho^\star e^{j\omega t}$, $V^\star e^{j\omega t}$, $I^\star e^{j\omega t}$, $U^{\star\, j\omega t}$ (les quantités avec astérisque, fonctions de x uniquement, étant toutes multipliées par $e^{(\alpha+j\beta)\Delta x}$ lorsqu'on passe d'une cellule à la suivante).

A. *Modèle discontinu.* — La linéarité des équations permet d'introduire

(1) Séance du 23 décembre 1946.

(2) On néglige l'amortissement pour simplifier, mais cette restriction n'a rien d'essentiel.

l'admittance Γ du faisceau entre a et b; on peut alors, d'une part, étudier la propagation dans la ligne, le faisceau n'intervenant que par Γ, et, d'autre part, étudier la propagation dans le faisceau de $\rho^\star e^{j\omega t}$ et $v^\star e^{j\omega t}$, la ligne intervenant en imposant une différence de potentiel $V = i/\Gamma$ (i, courant électronique dans $\mathcal{G}$). On raccorde les deux études en égalant les constantes de propagation dans la ligne et dans le faisceau. On met alors en évidence, par des considérations simples, une onde qui s'amplifie en se propageant, l'amplitude recevant par cellule un accroissement relatif

$$(1) \qquad \alpha\Delta x = \frac{\sqrt{3}}{2}\sqrt[3]{\frac{1}{2}\frac{\rho_0}{v_0^2}\frac{\partial x}{\omega}\frac{e}{m}\frac{1}{\mathcal{G}^2 Z_c}\left[1-\frac{\omega^2}{\omega_c^2}\right]^{-\frac{1}{2}}}.$$

Cette onde se propage avec une vitesse légèrement inférieure à v_0.

B. *Modèle continu.* — Si l'effet de chaque cellule est assez faible, introduisons des constantes L, C, γ telles que

$$(2) \qquad \mathcal{L} = \mathrm{L}\,\Delta x; \quad \mathcal{C} = \mathrm{C}\,\Delta x; \quad \gamma = \mathcal{G}\,\Delta x.$$

Nous avons développé cette étude pour $\Delta x \neq \partial x$. On cherche alors des solutions du type $\mathrm{B}\,e^{j[\omega t + kx]}$ (B : constante complexe). Il y a 4 ondes possibles correspondant aux k suivants

$$(3) \qquad \begin{cases} k = -j\left[\dfrac{\omega}{v_0}+\dfrac{\mathrm{A}}{2}\right] - \mathrm{A}\dfrac{\sqrt{3}}{2} \quad (\mathrm{O}_1); & k = -j\left[\dfrac{\omega}{v_0}+\dfrac{\mathrm{A}}{2}\right] + \mathrm{A}\dfrac{\sqrt{3}}{2} \quad (\mathrm{O}_2), \\ k = -j\left[\dfrac{\omega}{v_0} - \mathrm{A}\right] \quad (\mathrm{O}_3); & k = -j\left[\dfrac{\omega}{v_0} - \dfrac{\rho_0}{8}\dfrac{\mathrm{C}}{\gamma^2}\dfrac{e}{m}\dfrac{v_0}{\omega^3}\right] \quad (\mathrm{O}_4), \end{cases}$$

avec

$$(4) \qquad \mathrm{A} = \left(\rho_0\frac{e}{2m}\frac{\mathrm{C}}{\gamma^2}\frac{1}{v_0\omega}\right)^{\frac{1}{3}}.$$

Les ondes (O_1) (O_2) (O_3) vont vers les x croissants; (O_4) va vers les x décroissants; (O_3) et (O_1) ont une amplitude constante; (O_4) s'amortit mais (O_2) va en s'amplifiant. (O_1) et (O_2) vont à la même vitesse légèrement inférieure à v_0; les vitesses de (O_3) et (O_4) sont légèrement supérieures à v_0.

C. *Applications.* — *a.* Si le dispositif est limité et non indéfini, on doit chercher une combinaison linéaire des 4 ondes satisfaisant aux conditions aux limites.

b. Imposons, en $x = 0$, une tension U (tension d'entrée) et l'absence de modulation dans le faisceau. Supposons le système indéfini vers les x croissants. On peut alors satisfaire aux conditions en $x = 0$ sans faire intervenir l'onde de retour. On montre la naissance d'une modulation du faisceau qui, pour x petit, croît comme x^2.

c. Nous pensons que ce modèle très schématique peut donner une idée sommaire des phénomènes d'interaction dans les amplificateurs à onde progressive. Des applications numériques permettent de trouver pour (O_2) des gains du même ordre de grandeur que ceux qui sont indiqués pour ces appareils.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Sur les imperfections de forme dans les instruments d'optique électronique.* Note de M. **François Bertein**, présentée par M. Camille Gutton.

Soit un système centré d'optique électronique (exemple : microscope); l'instrument Σ, mis au point, présente divers écarts vis-à-vis de l'instrument *idéal* Σ_0 que l'on a en vue. Nous envisagerons seulement les écarts géométriques, c'est-à-dire ceux provenant des imperfections de la réalisation mécanique : écarts vis-à-vis de la symétrie de révolution, décentrages occasionnés par un montage insuffisamment précis des diverses pièces les unes par rapport aux autres. Si l'on suppose l'instrument purement électrostatique, sa répartition de potentiel, soit $\Phi(rz\theta)$ en coordonnées cylindriques, sera, en raison de ses défauts, différente de la répartition idéale $\Phi_0(rz\theta)$. Posons $\Phi = \Phi_0 + \varphi$ et cherchons la relation entre φ et les défauts géométriques : la valeur de φ dans la région de l'axe Oz montrera l'influence de ces derniers sur les trajectoires des électrons, c'est-à-dire sur les propriétés optiques de Σ.

Expression générale de φ. — Ce terme correctif satisfait à la relation $\Delta\varphi = 0$, ce qui permet de l'écrire sous forme du développement

$$(1) \qquad \varphi(rz\theta) = \sum_0^\infty \varphi_m(rz)\cos\theta + \varphi'_m(rz)\sin m\theta$$

avec

$$\varphi_m(rz) = \int_{-\infty}^{+\infty} p(mk)\,e^{ikz}\,\mathrm{I}_m(kr)\,dk, \qquad \varphi'_m(rz) = \int_{-\infty}^{+\infty} p'(mk)\,e^{ikz}\,\mathrm{I}_m(kr)\,dk,$$

où I_m représente la fonction de Bessel modifiée

$$\mathrm{I}_m(x) = i^{-m}\mathrm{J}_m(ix).$$

Écrivons le premier terme du développement au voisinage de Oz

$$(2) \quad \varphi_m(rz) = \left[\frac{1}{2^m m!}\int_{-\infty}^{+\infty} k^m p(mk)\,e^{ikz}\,dk\right] r^m + \ldots, \qquad \varphi'_m(rz) = \text{expression analogue.}$$

Expression de l'écart géométrique. — Désignons d'autre part, par $\delta(z\theta)$, l'écart supposé petit, existant en tout point entre les surfaces S des électrodes réelles et celles S_0 des électrodes idéales; nous l'évaluerons suivant la coordonnée r. On peut l'écrire également sous forme d'un développement :

$$(3) \qquad \delta(z\theta) = \sum_0^\infty \delta_m(z)\cos m\theta + \delta'_m(z)\sin m\theta,$$

ce qui fait apparaître des composantes caractérisées par des symétries de répétition d'ordres croissants par rapport à Oz. L'écart $\delta_0(z)$ est le seul qui

conserve la symétrie de révolution; il est occasionné par exemple par une translation des lentilles suivant Oz.

Si nous envisageons l'écart produit par un décentrage, il est fonction linéaire de x et y, donc de $\cos\theta$ et $\sin\theta$: le décentrage introduit donc uniquement des composantes d'indice $m=1$. Quant aux imperfections de forme détruisant la symétrie de révolution des lentilles, elles créent des composantes d'indice supérieur. Le cas $m=2$ est le plus important : il traduit une ovalisation des lentilles; les composantes $m>2$ représentent des défauts de plus en plus étroits à mesure que m augmente.

Relation entre φ et δ. — Soit $E_r(z)$ le champ électrique radial existant à la surface des électrodes idéales S_0. Nous obtenons la relation cherchée en écrivant que le potentiel $\Phi_0+\varphi$ en tout point de S est égal au potentiel qui existerait sur S_0, dans le cas d'un système idéal

(4) $$\varphi = E_r\delta \quad \text{le long de } S_0.$$

Cette condition aux limites suffit à déterminer la fonction φ.

Application aux propriétés optiques. — Si l'on remplace dans cette relation φ et δ par leurs développements (2) et (3), on constate que chaque terme de φ est ainsi relié de façon indépendante au terme de même rang de δ : $\varphi_m\cos m\theta\,(\varphi'_m\sin m\theta)$ est créé par l'écart $\delta_m\cos m\theta\,(\delta'_m\sin m\theta)$. En conséquence, suivant l'équation (2), un écart d'ordre m est responsable d'une loi de potentiel de degré m en r au voisinage de Oz : chaque composante de $\delta(z\theta)$ apporte à l'optique du système une perturbation d'autant plus faible que son ordre m est plus grand. Pratiquement, les toutes premières valeurs de m interviennent seules : $m=0, 1, 2$.

La première produit un simple déplacement des éléments cardinaux le long de l'axe. On peut voir que la seconde les déplace transversalement. Quant aux termes $m=2$ (lentilles *elliptiques*), ils créent des aberrations d'un type différent de celles envisagées en général chez les systèmes centrés; il y a lieu de ne pas les négliger lorsqu'on cherche à améliorer au maximum la limite de résolution de l'instrument.

On obtient des résultats semblables avec les instruments à champ magnétique en envisageant le potentiel scalaire magnétique. Si même les armatures des bobines sont loin d'être saturées, les pièces polaires peuvent être considérées comme étant équipotentielles, et les considérations sont identiques à condition de substituer dans ce qui précède, le terme *magnétique* au terme *électrique*.

ONDES ÉLECTROMAGNÉTIQUES. — *Propagation dans les tuyaux courbés.* Note (1) de M. **Marc Jouguet**.

Étant donné un guide d'ondes à paroi parfaitement conductrice et à section circulaire, ayant son axe courbé, dans le plan $\varphi=\pi/2$, suivant un cercle de

(1) Séance du 6 janvier 1947.

rayon R (valeur algébrique), on peut utiliser la méthode de perturbation indiquée antérieurement ([2]) et appliquée aux ondes $(H_{o,n})$ et $(E_{o,n})$, pour déterminer celles qui se réduisent, pour $R=\infty$, aux ondes $(E_{m,n})$ et $(H_{m,n})$. On trouve, pour les premières, en sous-entendant le facteur de propagation $e^{i(kct-k_z z)}$, et C désignant une constante d'amplitude,

$$
(1)\quad \left\{
\begin{aligned}
E_z &= iC\frac{\alpha}{k} J_m(\alpha r)\,{}^{\sin}_{\cos}\, m\varphi + X_{m-1}\,{}^{\cos}_{-\sin}(m-1)\varphi + X_{m+1}\,{}^{\cos}_{-\sin}(m+1)\varphi,\\
E_r &= C\frac{k_z}{k} J'_m(\alpha r)\,{}^{\sin}_{\cos}\, m\varphi + Y_{m-1}\,{}^{\cos}_{-\sin}(m-1)\varphi + Y_{m+1}\,{}^{\cos}_{-\sin}(m+1)\varphi,\\
E_\varphi &= C\frac{k_z}{k}\frac{m}{\alpha r} J_m(\alpha r)\,{}^{\cos}_{-\sin}\, m\varphi + \frac{U_{m-1}}{r}\,{}^{\sin}_{\cos}(m-1)\varphi + \frac{U_{m+1}}{r}\,{}^{\sin}_{\cos}(m+1)\varphi,\\
H_z &= L_{m-1}\,{}^{\sin}_{-\cos}(m-1)\varphi + Z_{m+1}\,{}^{\sin}_{\cos}(m+1)\varphi,\\
H_r &= -C\frac{m}{\alpha r} J_m(\alpha r)\,{}^{\cos}_{-\sin}\, m\varphi + M_{m-1}\,{}^{\sin}_{\cos}(m-1)\varphi + M_{m+1}\,{}^{\sin}_{\cos}(m+1)\varphi,\\
H_\varphi &= CJ'_m(\alpha r)\,{}^{\sin}_{\cos}\, m\varphi + \frac{V_{m-1}}{r}\,{}^{\cos}_{-\sin}(m-1)\varphi + \frac{V_{m+1}}{r}\,{}^{\cos}_{-\sin}(m+1)\varphi.
\end{aligned}
\right.
$$

avec $J_m(\alpha r)=0$, $\alpha^2=k^2-k_z^2$. Les X, Y, U, L, M, V sont des fonctions de r, infiniment petites avec la courbure de l'axe. Ce sont des sommes de produits, par des polynomes en r, de fonctions de Bessel de l'argument αr, d'ordre $m-1$, m ou $m+1$. Les ondes $(H_{m,n})$ s'obtiennent en changeant, dans (1), E en $-H$ et H en E, et en prenant $J'_m(\alpha r_0)=0$. Les vitesses de phase de ces diverses ondes sont, au second ordre près, indépendantes de la courbure. On peut déduire, de la forme des expressions (1), qu'au passage d'une discontinuité de courbure, une onde (E_m) ou (H_m) provoque l'apparition d'ondes parasites (ou d'oscillations) de types $(E_{m\pm1})$ et $(H_{m\pm1})$.

A cause des doubles signes ${}^{\sin}_{\cos}$, les formules (1) font correspondre, à tout système de valeurs de m et n, deux ondes distinctes. Dans le guide cylindrique, elles ont même structure et se déduisent l'une de l'autre par une rotation de $\pi/2m$ autour de l'axe. Mais ici, la courbure détruit l'isotropie du guide et les deux ondes, que nous désignerons par les notations $(E'_{m,n})$ et $(E''_{m,n})$ ou $(H'_{m,n})$ $(H''_{m,n})$, ont des structures différentes.

Des circonstances particulières, analogues à celles que nous avons signalées ([3]) pour l'onde (H_0), se produisent pour l'onde (E''_1) : elle ne peut exister dans un guide parfaitement conducteur. Au contraire, l'onde (E'_1) se comporte normalement. On voit donc que, si l'on considère une onde (E_1) en propagation dans un guide cylindrique, pour une courbure accidentelle de l'axe, elle aura une composante (E'_1) stable et une composante (E''_1) instable. Elle est donc instable, moins instable cependant que (H_0), puisqu'une courbure accidentelle ne la fait pas, en général, entièrement disparaître.

([2]) *Comptes rendus*, **222**, 1946, pp. 440 et 537.

([3]) *Loc. cit.*

Mais, si dans le guide courbé parfaitement conducteur, ne peuvent exister ni ondes (H_0) ni ondes (E''_1), par contre, il existe une onde mixte, qu'on obtient en superposant deux ondes (E''_1) et (H_0), le rapport des constantes d'amplitude étant $\sqrt{2}$, ce qui correspond à l'équipartition de l'énergie transportée. L'idée qu'une telle solution devait exister, a d'ailleurs été émise par M. Nicolas Cabrera et c'est ce qui nous a incité à la rechercher. Contrairement à ce qui a lieu pour toutes les autres ondes du guide à section circulaire, l'influence de la courbure sur les valeurs de α, de k_z et de la vitesse de phase, n'est pas nulle au second ordre près. On a

$$(2) \qquad \delta\alpha = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{kk_z}{\alpha^2} \frac{1}{R}, \qquad \delta k_z = -\frac{1}{\sqrt{2}} \frac{k}{\alpha} \frac{1}{R}.$$

Tandis que, dans le guide cylindrique, on a des ondes (H_0) et (E_1) correspondant à la même valeur propre α_0, dans le guide courbé, on a des ondes (E'_1) correspondant à une valeur propre égale, au second ordre près à α_0 et des ondes $(H_0+E''_1)$ correspondant à une valeur propre différente $\alpha_0+\delta\alpha$, $\delta\alpha$ ayant la valeur (2). Ce n'est qu'à la limite, pour une courbure nulle que, d'une part, l'onde mixte se décompose en deux ondes, (H_0) et (E''_1), susceptibles d'exister séparément et que, d'autre part, (E''_1) et (E'_1) correspondent à une même valeur propre et peuvent ne plus être distinguées.

Une onde (H_0+E_1) se propageant dans un guide cylindrique, se comporte, pour une courbure accidentelle, comme une onde (E_1). Elle subsiste en partie.

Les résultats qui précèdent n'excluent pas la possibilité de propagation d'une onde (H_0) ou (E_1) seule, avec une certaine stabilité, d'ailleurs faible, dans un guide réel. En effet, conformément à ce que nous avons indiqué antérieurement ([2]), il semble que, si la paroi est résistante, il ne soit plus nécessaire, pour que (H_0) ou (E''_1) puissent exister seules, que la courbure soit nulle mais seulement qu'elle soit très faible et tende vers zéro avec la résistivité.

SPECTROSCOPIE. — *Interprétation des spectres d'absorption obtenus au moyen de radiations polarisées dans le proche infrarouge* (0,9 *à* 2^{μ},5) *avec des cristaux contenant de l'eau.* Note ([1]) de Mlle **Jeannine Louisfert**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons précédemment interprété ([2]) les bandes d'absorption que nous avons mesurées pour une dizaine de cristaux, au moyen des modes de vibration, soit de l'eau seule, soit de l'eau et des autres radicaux représentés dans la formule chimique. En outre, les positions de ces maxima peuvent s'utiliser pour établir le degré de liaison de l'eau contenue dans ces composés.

([1]) Séance du 23 décembre 1946.

([2]) *Comptes rendus*, 222, 1946, pp. 1092-1094; *Diplôme d'Études supérieures*, Paris, 1946.

Nous trouvons, à la suite d'autres auteurs, que les bandes de l'eau à l'état liquide se présentent comme très larges et mal définies, alors que, dans les cristaux, l'eau qu'ils contiennent possède, dans les mêmes conditions de résolution et pour des modes de vibration analogues, des maxima beaucoup plus étroits et plus nets.

On sait que la molécule d'eau, considérée comme un modèle angulaire à trois masses vibrantes, possède une vibration de valence symétrique ν_1 et une vibration de déformation ν_2 donnant un moment électrique parallèle à l'axe de la molécule, et une vibration de valence antisymétrique ν_3, produisant un moment électrique perpendiculaire à l'axe de la molécule. *Toutes ces vibrations, tous leurs harmoniques, toutes leurs combinaisons sont actifs dans l'absorption.* Les harmoniques des vibrations ν_1 et ν_2 possèdent tous un moment parallèle à l'axe. Par contre, les harmoniques impairs de ν_3 donnent lieu à un moment électrique perpendiculaire à l'axe et les harmoniques pairs à un moment parallèle. On peut aussi connaître aisément la direction des moments électriques induits, dans toutes les combinaisons de ν_1, ν_2 et ν_3.

Un résultat très général et fort important apparaît sur nos spectres : *nous constatons que les positions des 2e et 3e harmoniques des vibrations de valence ν_1 et ν_3 de la molécule d'eau ne sont pas celles qu'on pourrait prévoir dans une série harmonique, même en tenant compte de la correction d'anharmonicité des vibrations.* Une résonance se présente comme possible entre deux vibrations de fréquence voisine, si elles possèdent la même symétrie. Dès lors, d'après ce qui précède, ν_1 et ν_3, quoique très proches l'une de l'autre, ne présentent pas de résonance entre elles, tandis que leurs *harmoniques pairs* mais non leurs *harmoniques impairs* donnent lieu à une résonance. C'est à ce phénomène que nous attribuons les déplacements observés des maxima d'absorption.

Avec chacun des cristaux, nous avons mesuré la transmission pour 4 orientations du plan de polarisation par rapport aux axes cristallographiques. *Cette technique conduit à des interprétations qui ne seraient pas possibles, si l'on utilisait uniquement des radiations non polarisées.*

I. D'après nos mesures, *les variations dans les positions des maxima se présentent généralement comme peu importantes et cependant comme supérieures aux erreurs expérimentales.* Si l'on admet, comme nous l'avons fait, que la position d'une bande se trouve en relation directe avec la manière dont l'eau est liée dans le cristal, les variations du plan de polarisation ne doivent pas modifier la longueur d'onde correspondante. Mais, il n'en est plus ainsi quand, comme pour l'eau, il existe plusieurs combinaisons ou plusieurs harmoniques (localisés dans une étroite région spectrale) qui permettent d'expliquer l'apparition d'un maximum; les longueurs d'onde d'une bande peuvent alors varier dans des proportions mesurables. (Pour fixer les idées, la bande de $1^{\mu},45$ par exemple, peut s'attribuer aux combinaisons $2\nu_1$, $2\nu_3$ ou $\nu_1+\nu_3$, puisqu'elles possèdent toutes des nombres d'ondes très voisins). Comme nous allons le

voir, l'orientation variable du plan de polarisation favorise l'apparition de l'un ou de l'autre de ces harmoniques ou de ces combinaisons.

II. *Ainsi qu'on pouvait s'y attendre, la transmission, pour une même longueur d'onde, varie suivant la direction du plan de polarisation.* Pour certains cristaux, le dichroïsme apparaît remarquablement fort, sans que nous en apercevions l'origine.

Aussi sur tous les spectres observons-nous une importante variation de l'intensité des bandes d'absorption avec la direction du plan de polarisation. Dans certains cas même, ces maxima peuvent disparaître entièrement. L'analyse de ces résultats conduit à deux applications importantes :

a. Choix possible, pour interpréter une bande d'absorption, entre plusieurs vibrations correspondant à des nombres d'ondes peu différents. — Or, on sait que la variation du moment électrique conditionne l'intensité de chaque bande d'absorption : il n'est donc pas douteux que les modifications observées prennent leur cause dans une orientation différente du moment électrique par rapport au vecteur lumineux. On connaît exactement la direction de celui-ci, d'après les conditions expérimentales, et par conséquent également les composantes du moment électrique pour chacune des vibrations envisagées, ce qui permet de prévoir l'intensité des bandes correspondantes.

b. Orientation des molécules d'eau dans la structure cristalline. — Une fois que chaque maximum a été attribué à un mode de vibration déterminé, et que l'on possède ainsi la direction du moment électrique correspondant, il faut placer, dans la structure cristalline, les molécules d'eau de manière que les intensités des bandes cadrent avec les prévisions relatives de chaque orientation du plan de polarisation. Cette méthode fournit ainsi les positions des atomes d'hydrogène que ne donnent pas facilement les rayons X. On doit seulement regretter que les études des cristaux en lumière polarisée restent si rares jusqu'à présent dans notre domaine, et qu'elles se soient appliquées à des substances ne contenant ni eau ni groupement OH.

PHOSPHORESCENCE. — *Sur la représentation fonctionnelle du déclin de la phosphorescence d'un produit composé de plusieurs centres luminogènes.* Note de M. **Oleg Yadoff**, présentée par M. Camille Gutton.

Dans le cas des corps phosphorescents connus, tels que $ZnS(Cu)$, $CaS(Bi)$, etc., on identifie les états métastables de Jean Perrin par des représentations fonctionnelles de diverses formes telles que

$$I = I_0(1+at)^{-\alpha}, \qquad I = I_0 t^{-\gamma}, \qquad I = I_0 e^{-k\sqrt{t}}, \qquad I = \sum_0^n I e^{-kt}$$

et aussi

$$I = I_0 + I_1(t+a)^{-m} + I_2(t+a)^{-2m} + \ldots,$$

Ces expressions, dues aux théories de Edm. Becquerel, Lénard, Maurice

Curie, G. Destriau etc., sont incertaines même pour les corps de la forme $ZnS(Cu)$, du fait de la complexité des causes auxquelles sont dus les phénomènes de phosphorescence; les moindres traces d'impuretés phosphorogènes pouvant modifier notablement l'état actif du corps étudié. Dans une Communication récente ([1]), M. Jean Saddy montra que l'on peut, dans l'établissement des formules et en arrivant à une précision au moins aussi bonne que celle obtenue par les formules ci-dessus, utiliser une représentation en somme de termes hyperboliques; le produit sur lequel ont porté ses observations est un $ZnS(Cu)$ excité à saturation par le rayonnement ultraviolet. En fait, cette représentation paraît aussi trop simpliste lorsqu'il s'agit de traces de phosphorogènes étrangers ou de la variation de la concentration en phosphorogènes d'activation; la phosphorescence peut passer de 1 à 1,85 pour des teneurs chimiques variant seulement de 1/5000 à 1/50000 de cuivre.

Nous avons montré ([2]) qu'avec un produit phosphorescent composé, contenant plusieurs éléments phosphorogènes dilués dans plusieurs substances de support, on obtient plusieurs régimes d'émission à fonctionnement successif. Par exemple, avec la phosphorescence violette $\{CO_3Li$, $CaS(Bi)$, Na_2SO_4, KSO_4, $Sr(OH)_2$, $[RbNO_3$, $BiNO_3$, NaF, $LiF]\}$, ou bleue $\{CO_3Li$, CaS, $Sr(OH)_2$, Na_2SO_4, $Mg_3(PO_4)_2$, $MgO[TlNO_3$, $BiNO_3$, NaF, $LiF]\}$, ou encore bleu vert $\{CO_3Li$, $Sr(OH)_2SMgO$, Na_2SO_4, $Mg_3(PO_4)_2$ $[TlNO_3$, $RbNO_3$, $Bi(NO_{3/3}$, $Na_2B_4O_7$, $FLi]\}$, on vérifie, à 1,5 % près, les courbes expérimentales du déclin par la représentation fonctionnelle en série, de forme $I = I'_0 e_1^{-c1t} + I''_0 e_2^{-c2t} + \ldots + I^n_0 e_n^{-cnt}$.

Ces trois produits sur lesquels ont porté nos expériences ont été excités jusqu'à saturation complète par le rayonnement ultraviolet fourni par l'arc au mercure à travers un écran de Wood. Pour éliminer l'action additionnelle de l'effet calorifique qui modifierait le cours normal de l'agitation thermique, nous avons effectué nos expériences à une température rigoureusement constante maintenue à 20° C. La variation du déclin de la phosphorescence était étudiée au moyen d'un photoélectromètre Soulier-Vodar; les relevés de mesures s'étendaient sur des intervalles de temps de 16 heures, pour la première série d'expériences, et de 34 heures, pour la seconde série (jusqu'au seuil de perception encore visible à travers le photoélectromètre).

La concordance des courbes expérimentales avec les courbes calculées appuie notre théorie de la variation active de niveaux énergétiques suivant un rythme bien réglé en fonction de la mise en action successive de plusieurs centres phosphorogènes.

On peut en conclure que les sources luminogènes d'un produit phospho-

---

([1]) *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 314.

([2]) *XXe Congrès de Chimie Industrielle* (*Chimie et Industrie*, **56**, n° 3 *bis*, p. 60 *c*, Paris, 1946).

rescent composé activé jusqu'à saturation de son émission dépendent des forces électrostatiques du champ intermoléculaire dont le déclin suit, à haute précision, la série $I = I'_0 e^{-C_1 t} + I''_0 e^{-C_2 t} + \ldots I^n_0 e^{-C_n t}$, dans laquelle les grandeurs I'_0, $I''_0, \ldots, I^n_0$ désignent les luminescences à chaque changement intrinsèque de régime et les coefficients $C_1, C_2, \ldots, C_n$, les durées de vie moyenne de ces régimes. L'expérience justifie donc nos prévisions théoriques.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude physicochimique de la formation de complexes entre l'ion argent et le glycocollate de sodium.* Note [1] de Mlle **Suzanne Dubois**, présentée par M. Paul Pascal.

La branche alcaline de la courbe de titrage du glycocolle subit un décalage vers les pH plus acides quand on ajoute du nitrate d'argent. On peut essayer d'interpréter le phénomène en supposant la formation de complexes.

J'ai abordé l'étude de ces complexes par une méthode potentiométrique [2]. Soit une solution contenant G molécules de glycocollate de sodium [3] et A molécules de nitrate d'argent par litre.

La concentration en ion argent libre C_{Ag} s'obtient par la mesure de la f. é. m. de contact entre une électrode d'argent et la solution de glycocolle.

Le cation complexe se forme selon la réaction

(3) $$m\,Ag^+ + p\,gly \rightleftharpoons |Ag^m\,gly^p| \quad [4].$$

On arrive à la formule

$$\frac{C_{Ag}^m \times G^p}{A} = \frac{K}{m},$$

en désignant par K la constante d'équilibre.

On détermine l'exposant m en laissant la concentration en glycocollate (G) fixe et en faisant varier la quantité de nitrate d'argent ajouté (A).

On calcule l'exposant p en faisant varier la concentration en glycocollate.

Pour chaque concentration en glycocollate de sodium, on trace la courbe indiquant les variations de la f. é. m. en fonction du volume de nitrate d'argent décinormal ajouté. Cette dernière quantité est toujours faible par rapport à la concentration en acide aminé. On obtient une série de courbes parallèles et régulières pour des concentrations en glycocollate de sodium de O à N [5].

D'après les courbes précédentes, on détermine la valeur des exposants, on

---

(1) Séance du 6 janvier 1947.

(2) P. Job, *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 442.

(3) Il n'y a formation de complexes qu'après neutralisation de la fonction acide de la glycine.

(4) Le symbole gly représente une molécule de glycocollate de sodium.

(5) Toutes les mesures ont été faites avec un grand excès de sel neutre (NO_3Na) afin de pouvoir opérer à force ionique constante.

obtient $m = 1$ et $p = 2$. Le complexe a donc la formule

$$|Ag(CH_2NH_2CO_2Na)_2|^+.$$

La constante d'équilibre est donnée par la relation

$$K = (G - 2A)^2 \frac{C_{Ag}}{A} \quad \text{et} \quad \log K = \log \frac{C_{Ag}}{A} + 2 \log(G - 2A).$$

J'ai obtenu les résultats suivants :

G.......	1.	1/2.	1/4.	1/10.	1/20.	1/50.	1/100
log K.......	$\bar{7},11$	$\bar{7},18$	$\bar{7},25$	$\bar{7},24$	$\bar{7},26$	$\bar{7},31$	$\bar{7},39$

Ces valeurs, concordantes, ont comme moyenne

$$\log K = \bar{7},25 \quad \text{d'où} \quad K_{19°} = \frac{C_{Ag^+} \times C^2_{gly}}{C_{(Ag, gly^2)^+}} = 1,78.10^{-7}.$$

Pawelka ([6]) avait envisagé la formation de ce complexe; toutefois, ses mesures, peu nombreuses, ont donné pour K des valeurs assez différentes et d'un tout autre ordre de grandeur que celles trouvées par moi.

Pour les solutions N/100 et plus diluées, les courbes ne sont plus parallèles et les constantes qui s'en déduisent s'écartent des valeurs précédentes. J'ai utilisé la méthode des variations continues, appliquée à l'absorption, ([7]) afin d'explorer ce domaine,

Avec des solutions équimoléculaires ([8]) N/100 N/200 N/400 et N/800, on observe un maximum d'absorption assez peu accentué, pour une composition voisine de 50 %, quelle que soit la longueur d'onde utilisée.

Le composé correspondrait donc à une molécule de glycocollate de sodium pour une molécule de nitrate d'argent.

Supposons qu'il se forme un composé de substitution

$$CH_2NH_2CO_2Na + NO_3Ag \rightleftharpoons CH_2NH_2CO_2Ag + NO_3Na.$$

La constante d'équilibre k est donnée par la formule

$$k = \frac{[x(p+1) - 1]^2}{p(1 - 2x)^2}.$$

L'expérience donne pour k les résultats suivants :

Concentration en			Composition maximum	
$CH_2NH_2CO_2Na$.	NO_3Ag.	p.	x.	k.
1/200	1/800.........	1/4	0,714	0,255
1/100	1/400.........	1/4	0,714	0,255
1/100	1/800.........	1/8	0,803	0,205
1/100	1/200.........	1/2	0,607	0,353

([6]) *Zeits. Elektrochem.*, **30**, 1924, pp. 180-186.

([7]) P. Job, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 928; S. Dubois, *ibid.*, **222**, 1946, pp. 900-902.

([8]) Il était impossible d'opérer avec des solutions équimoléculaires plus concentrées que N/100 à cause de la précipitation de l'oxyde d'argent.

Les valeurs sont concordantes et

$$k = \frac{C_{Ag^+} \times C_{CH_2NH_2CO_2^-}}{C_{CH_2NH_2CO_2Ag}} = 0,26 \quad (^9).$$

En résumé, il se forme, en solution diluée, du glycocollate d'argent $CH_2NH_2CO_2Ag$ avec $k = 0,26$. Tandis qu'en solution plus concentrée, le glycocollate de sodium donne avec l'ion argent, le complexe $[Ag(CH_2NH_2CO_2Na)_2]^-$ dont la stabilité, mesurée par $K = 1,78.10^{-7}$, est bien supérieure à celle du glycocollate d'argent, le sel simple correspondant.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur des anneaux multiples de Liesegang.* Note [1] de Mlle **Suzanne Veil**, présentée par M. Charles Mauguin.

Une précédente étude [2] a mis en évidence les anneaux rougeâtres, dépourvus de relief, susceptibles d'être produits en même temps que les anneaux *principaux* de Liesegang, par diffusion du bichromate de potassium dans la gélatine imprégnée de nitrate d'argent. Les présentes recherches, d'autre part, montrent que la substitution du chromate au bichromate de potassium, dans la même expérience, modifie la figure de précipitation, qui comporte alors une succession d'anneaux multiples (*fig.* 1).

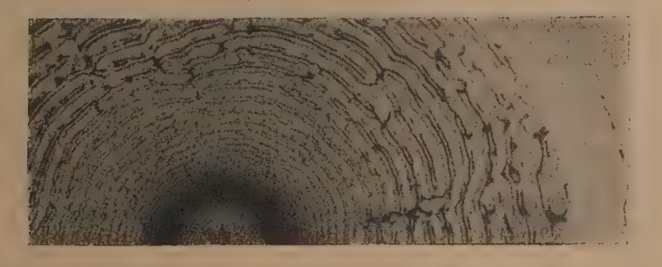


Fig. 1. — Anneaux multiples obtenus par apposition de CrO_4K_2 sur NO_3Ag.

Lorsque, sur de la gélatine imprégnée de NO_3Ag, on dépose, dans des conditions appropriées, une goutte saturée de CrO_4K_2, celle-ci se cerne tout d'abord d'anneaux doubles, dont le composant de moindre rayon est le plus épais. La lacune intermédiaire croît avec la distance à la goutte, elle est reliée au numéro d'ordre de l'anneau double par une loi analogue à celle qui a été reconnue régir les intervalles interannulaires des anneaux de Liesegang proprement dits [2]. En fonction du numéro d'ordre, les racines carrées des lacunes successives affectent une croissance sensiblement linéaire (*fig.* 2).

---

(9) L'idée d'un composé d'addition est à éliminer, car les valeurs correspondantes de k ne sont pas constantes.

(1) Séance du 23 décembre 1946.

(2) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 84; **191**, 1930, p. 611.

Au delà d'une certaine distance de la goutte, les anneaux deviennent triples, puis quadruples, une multiplicité supérieure étant assez rarement observable. Dans chacun des anneaux multiples, la lacune interne est en

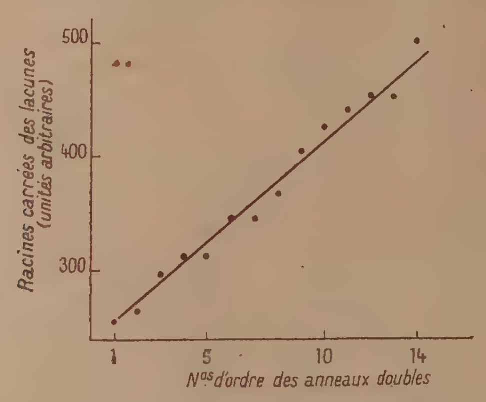


Fig. 2. — Variation de la lacune des anneaux doubles en fonction de leur numéro d'ordre.

général la plus importante, et le composant interne se dresse seul au-dessus du gel, tandis que les autres composants, sans relief et d'un rouge plus jaunâtre, rappellent les anneaux de la seconde famille décelés (²) dans la précipitation correspondante au bichromate de potassium. Lorsqu'on se rapproche de la goutte, les constatations se trouvent naturellement gênées par la finesse des strates et de leurs lacunes.

Ici donc, tout comme dans le cas parallèle du bichromate de potassium, il y a précipitation du chromate d'argent sous deux phases distinctes, coexistence qui évoque les étapes de la génération des précipités cristallins, envisagées par Van Hook (³). Par ailleurs, aucune formation striée sous-jacente, du type *secondaire*, n'a été discernée.

Avec le chromate et avec le bichromate de potassium comme réactifs-gouttes, les figures de précipitation se différencient beaucoup plus nettement encore l'une de l'autre que lorsque ces mêmes sels jouent le rôle de réactifs incorporés (²) : discrimination déjà regardée comme trahissant, pour les réactions $NO_3Ag — CrO_4K_2$ et $NO_3Ag — Cr_2O_7K_2$, des cinétiques différentes.

CHIMIE PHYSIQUE. — *L'existence de phénomènes de retard thermique à la solidification pour l'aluminium raffiné à 99,99 % et son application à la préparation de cristaux uniques.* Note de MM. **Paul Lacombe** et **Louis Beaujard**, présentée par M. Albert Portevin.

Le phénomène de retard thermique à la solidification ou surfusion, est d'amplitude notable pour l'eau ou quelques substances organiques, mais

(³) *J. phys. Chem.*, 44, 1940, p. 751; 45, 1941, p. 1194.

celle-ci est très faible pour les métaux et n'a été déterminée jusqu'ici que pour quelques-uns : le bismuth (¹), l'antimoine (²), l'étain, le plomb et le zinc (³). L'une des causes vient de ce que les métaux sont rarement exempts d'impuretés insolubles; celles-ci, comme germes de cristallisation, s'opposent en effet à la réalisation de l'état hors d'équilibre que constitue la surfusion.

De fait, nous avons pu déceler l'existence de ce phénomène pour l'aluminium raffiné à 99,99 % de pureté, au cours de sa solidification lente, en prenant cependant des précautions particulières pour éviter l'action germinative des parois en contact avec le métal fondu. Nous avons mis à profit l'existence de cette surfusion pour préparer très rapidement de gros cristaux métalliques. On sait, en effet, que la vitesse de recristallisation à partir de l'état liquide est d'autant plus grande que la surfusion est plus élevée (⁴).

La méthode consiste à fondre une éprouvette plate rectangulaire de métal de 150^{mm} de long, 100^{mm} de large et de 1 à 3^{mm} d'épaisseur sur une sole de kaolin pur bien horizontale dont la température varie continûment d'une dizaine de degrés d'une extrémité à l'autre. L'aluminium, porté à 700°, fond dans sa peau d'alumine dont la résistance mécanique s'oppose à la coulée du métal et dont la parfaite continuité isole complètement le métal de la sole et évite ainsi la formation de germes. Dès la température de 700°, on laisse refroidir le four à la vitesse de 100° en 15 minutes. Dans ces conditions, il se forme toujours de gros cristaux métalliques; 30 % des éprouvettes sont même monocristallines.

Nous avons pu mesurer directement l'amplitude thermique de la surfusion en déterminant la courbe de refroidissement à l'aide d'un couple Pt, Pt-Rh en contact avec la surface supérieure du lingot. La force électromotrice du couple était mesurée avec une grande précision à l'aide d'un montage potentiométrique qui permettait d'apprécier des variations de température de 0°,02. Nous avons observé ainsi sur les courbes de refroidissement température-temps une surfusion maximum de 5°,4.

Le gradient très faible de température le long de l'éprouvette (10°) n'a pour but que de créer un seul germe à l'extrémité la plus froide du métal afin d'augmenter les chances de formation d'une seule dendrite et donc d'un cristal unique. Dès que ce germe apparaît, il jette rapidement en avant dans toute la masse liquide son squelette dendritique avec une vitesse de cristallisation d'autant plus élevée que la surfusion est plus importante.

Cette méthode de préparation de cristaux uniques se distingue essentiellement des méthodes de solidification lente déjà signalées par A. Portevin (⁴), et

---

(¹) Kurnakow, *Z. anorg. Chem.*, **42**, 1904, p. 184.
(²) Hüttner et Tammann, *Z. anorg. Chem.*, **44**, 1905, p. 131.
(³) A. Lange, *Z. f. Metallkunde*, **23**, 1931, p. 165.
(⁴) A. Poitevin, *Bull. Soc. chim. France*, 1927, p. 961.

par extraction du métal à une vitesse très faible et uniforme de la surface d'un bain liquide ([5]) ou d'un four à température constante ([6]). Dans ce cas, la solidification a lieu de proche en proche sans qu'il puisse exister de surfusion. Il en résulte que les mêmes conditions de déplacement du gradient de température donnent naissance à des cristaux de dimensions comparables quelles que soient la nature et l'importance des impuretés. Dans le cas de la méthode de surfusion, au contraire, les impuretés très peu solubles dans Al telles que Si ou Fe jouent le rôle de germes étrangers au métal et s'opposent à l'établissement d'une surfusion importante. On réalise alors des éprouvettes polycristallines dont la grosseur moyenne du grain diminue rapidement au fur et à mesure que la teneur en impuretés croît. Cette variation de grosseur du grain est très sensible puisqu'il est possible de distinguer deux métaux titrant 99,5 et 99,6 % ([7]).

Ainsi la méthode est surtout applicable à l'aluminium extra-pur. Elle constitue ainsi un complément intéressant aux autres méthodes. On sait en effet que la méthode d'écrouissage critique particulièrement efficace pour l'aluminium ordinaire (99,5 à 99,8 % de pureté) donne des résultats très dispersés pour l'aluminium extra-pur. Certainement faut-il en trouver la cause dans la difficulté qu'éprouve l'aluminium extra-pur à prendre l'écrouissage, ou plutôt dans la facilité qu'il a de se restaurer et de recristalliser même à la température ordinaire par suite de sa grande pureté.

Nous nous proposons, dans une étude ultérieure, de comparer la perfection du réseau cristallin des cristaux uniques obtenus dans ces différentes méthodes.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Durcissement superficiel des aciers par diffusion intersolide suivie de nitruration.* Note ([1]) de M. **Jean-Dominique Venturini**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Il est connu qu'on peut cémenter par divers métaux le fer et les aciers au carbone et améliorer ainsi leurs propriétés en surface; on sait aussi que la nitruration par l'ammoniac d'aciers tenant des additions convenables conduit à de hautes duretés superficielles. Les recherches résumées dans cette Note concernent une combinaison des deux procédés, qui permet d'en obtenir les avantages sans recourir à des aciers spéciaux.

Les buts visés étaient : durcir superficiellement des aciers au carbone sans leur faire subir une trempe ultérieure; les rendre aptes à conserver une dureté élevée après séjour à haute température; améliorer leur résistance à la

([5]) Czochralski, *Z. phys. Chem.*, **92**, 1918, p. 219.

([6]) P. W. Bridgman, *Proc. Amer. Acad. Sci.*, **60**, 1924, p. 305.

([7]) On entend ici par titre l'excès sur 100, de la somme des teneurs en Si et Fe.

([1]) Séance du 6 janvier 1947.

corrosion sèche ou humide, à froid ou à chaud; réduire la durée de traitement par rapport à la nitruration classique; éviter la déformation des pièces; conserver à cœur les propriétés mécaniques de l'acier et notamment la résilience; réaliser enfin une économie par rapport à l'emploi d'aciers spéciaux.

Le détail des expériences et les résultats acquis feront l'objet d'un exposé d'ensemble. Les premières recherches ont porté sur 140 éprouvettes d'aciers au carbone; les opérations étaient les suivantes :

a. diffusion superficielle intersolide entre 850° et 950° par contact de l'acier avec du ferro-aluminium et divers ferro-alliages à base de titane, de molybdène, de tungstène, de vanadium etc.;

b. rectification et polissage;

c. nitruration par l'ammoniac : température comprise entre 475° et 550° et durée entre 1ʰ 30ᵐ et 3ʰ.

Après nitruration, les éprouvettes rayaient profondément le verre, émoussaient rapidement les outils de coupe à base de carbures frittés et les abrasifs sur toile. Elles ne s'oxydaient pas aux grandes vitesses de rotation des tours; elles présentaient en outre un beau poli spéculaire, dont les piqûres furent éliminées après recherches complémentaires.

Le tableau ci-dessous indique quelques résultats obtenus sur un acier à 0,12 % de carbone. Les duretés sont exprimées en kg/mm².

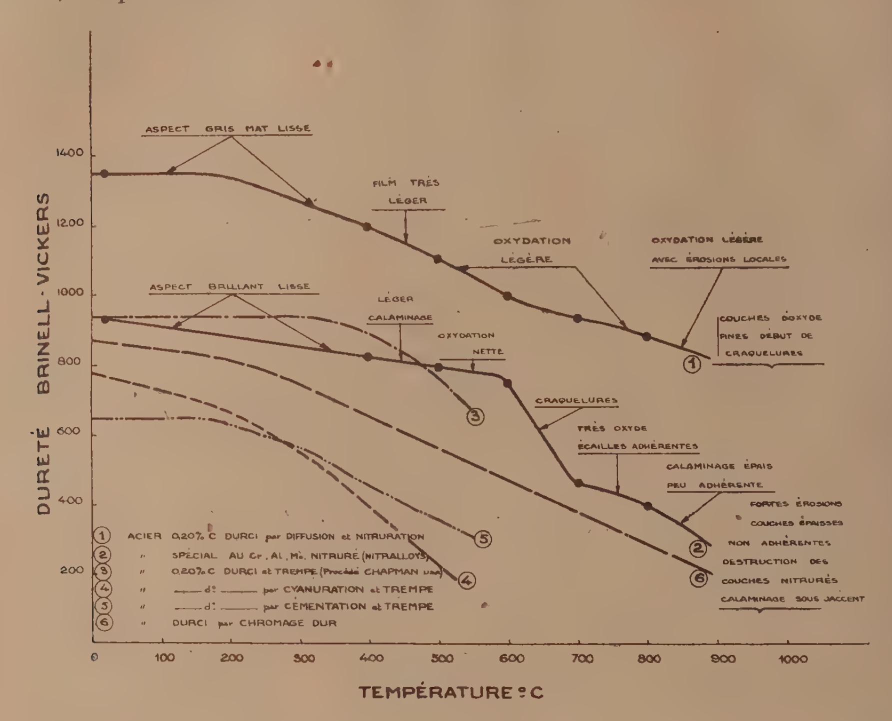
Diffusion dans un mélange à 89 % de ferro-aluminium et d'un autre ferro-alliage. — Nature du deuxième ferro-alliage.	Dureté Brinell-Vickers après nitruration. Dureté initiale.	Dureté sous la charge de 1kg.	5kg.	10kg.	30kg.
Sans addition	155	1350	466	221	164
Fe–Ti à 23,6 % Ti	155	1350	399	360	221
Fe–C–Ti 50 Ti et 12 % C	155	742	435	254	163
Fe–Mo 68,5 Mo et 2,5 % C	155	1350	593	228	194
Fe–W 81,6 W	155	1350	502	297	208
Fe–V 43 V	155	916	286	221	–

A titre de comparaison : aciers nitrurés, 850 à 1100; aciers cémentés et trempés, 700 à 800.

La figure ci-après représente la variation de la dureté en fonction de la température d'un recuit (durée 10 minutes), consécutif au traitement. La courbe I est relative à un acier ordinaire, cémenté dans un mélange contenant 89 % de ferro-aluminium à 50 % Al et de 11 % de ferro-tungstène à 81,6 % W, puis nitruré pendant 3 heures. La courbe II concerne un acier spécial de nitruration, traité par l'ammoniac pendant 70 heures; les courbes III, IV, V, VI traduisent les résultats du procédé Chapmann (U. S. A.) de la cyanuration, de la cémentation et du chromage dur.

Des essais semi-industriels ont été effectués par comparaison avec un acier austénitique pour chemise d'arbre. La dureté Brinell-Vickers à 20° C. était de 750 kg/mm² pour ce dernier contre 1075 pour l'acier au carbone cémenté et nitruré.

Les essais métrologiques ont montré que, selon les particularités du traitement, le gonflement varie entre 0,05 et $0^{mm},10$ après diffusion, entre 0,04 et $0^{mm},08$ après rectification et nitruration.



Des essais de métallisation suivie de diffusion sur pièces sablées ou polies ont donné des résultats positifs. L'emploi de certains oxydes mêlés aux poudres rend le procédé plus économique et la diffusion est facilitée en atmosphère réductrice ou neutre.

Quoique imparfaits encore, ces résultats ont permis d'établir les bases d'un traitement par diffusion et nitruration, et les chiffres obtenus montrent que les buts visés ont été sensiblement atteints.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Influence de l'addition des cycles saturés sur la structure électronique et sur l'activité cancérigène des hydrocarbures polycycliques.* Note de Mme **Alberte Pullman**.

La théorie électronique de l'activité des hydrocarbures cancérigènes que nous avons proposée (1), relie la grandeur du pouvoir physiopathologique des molécules organiques à la concentration des charges électroniques, en certaines

(1) *Bulletin du Cancer*, **33**, 1946, p. 120; *Thèse*, Paris, 1946 (Masson, Éditeur); A. et B. Pullman, *Revue Scientifique*, 1946, p. 145.

régions de leur périphérie. Dans toutes les molécules actives possédant le noyau phénanthrénique, tels les dérivés du 1.2-benzanthracène, cette région particulièrement chargée se trouve située sur la zone coudée du schéma des chimistes.

L'influence, parfois décisive sur la grandeur du pouvoir cancérigène des substituants tels que par exemple CH_3, consiste dans *l'apport des charges* qu'ils produisent. Suivant la position du substituant, la région cancérigène s'enrichit plus ou moins en électrons et la grandeur du pouvoir cancérigène suit *quantitativement* l'augmentation des charges.

Dans le cadre de cette théorie, il peut donc paraître au premier abord curieux de constater que la fixation sur une molécule inactive comme celle du 1.2-benzanthracène (I), d'un *noyau saturé pentagonal* qui augmente la surface de la molécule primitive sans apporter de charges électroniques nouvelles ([2]), puisse provoquer l'apparition d'une activité cancérigène dont la grandeur varie d'ailleurs suivant les positions d'attache du noyau saturé; c'est ainsi par exemple que le 5.6-cyclopentano-1.2-benzanthracène (II) est très cancérigène et son activité égale

(I). Inactif. ↖Région cancérigène.

(II). Très actif.

(III). Actif.

celle du 1.2.5.6-dibenzanthracène et que le 6.7-cyclopentano-1.2-benzanthracène (III) présente également une certaine activité mais inférieure à celle de (II).

L'explication naturelle de ce phénomène conduisant à des résultats en accord avec notre théorie générale, se trouve dans le fait que les cycles saturés, sans apporter de charges nouvelles au cycle benzanthracénique, y provoquent toutefois une modification de la répartition électronique dont le sens peut se déduire de l'application aux composés étudiés de la théorie de l'effet Mills-Nixon ([3]). Nous verrons sur l'exemple de (II) et de (III) que le sens de ces modifications est tel qu'il rend compte de l'activité cancérigène observée.

La théorie de l'effet Mills-Nixon exige que l'influence du noyau saturé pentagonal, aux angles intérieurs de 108°, favorise la structure tétraédrique des carbones 5 et 6 dans (II) et des carbones 6 et 7 dans (III), et empêche dans les deux cas l'apparition d'une double liaison entre les deux atomes considérés.

([2]) Il s'agit évidemment des charges dues aux électrons peu liés des doubles liaisons, nommés électrons Π.

([3]) *J. Chem. Soc.*, 1910, p. 2510; L. E. SUTTON et L. PAULING, *Trans. Farad. Soc.*, 31, 1935, p. 939; B. PULLMAN, *Bull. Soc. Chim.* (sous presse).

Il en résulte pour (II) une prépondérance de formules kékuléennes à liaison 5-6 simple et liaison 3-4 double, et de même dans les classes de formules possédant une ou plusieurs liaisons entre carbones non adjacents une prépondérance des formules ayant une distribution des liaisons kékuléennes compatible avec la théorie de l'effet Mills-Nixon. Un coup d'œil sur (II) montre alors qu'il en résultera une fixation partielle des liaisons de noyaux A, B et C dans la configuration présentée sur le dessin, seul le noyau D gardant la possibilité d'une résonance libre. Cette fixation partielle de la configuration dessinée traduit une augmentation nette de la charge de la zone 3-4 et explique le fort pouvoir cancérigène de (II).

Un phénomène légèrement différent se produit pour (III). Pour ce corps, seules les liaisons 5-6 et 7-8 seront partiellement fixées, car les noyaux B, C et D peuvent cette fois résonner librement en tant qu'entité phénanthrénique, et il n'y aura pas par suite de fixation particulière de la liaison 3-4. Ce composé montrera quand même une certaine activité cancérigène, car les électrons logés primitivement sur la liaison 6-7 du 1.2-benzanthracène s'éparpilleront en partie sur l'ensemble de la périphérie et une certaine quantité parviendra à la région cancérigène. Des considérations analogues peuvent être développées dans d'autres cas semblables.

CHIMIE MINÉRALE ET ANALYTIQUE. — *Sur la précipitation des phosphates mono- et bizirconiques et l'emploi de l'ion* Zr^{++++} *comme réactif de séparation et de dosage de l'acide phosphorique.* Note [1] de MM. **Robert Stumper** et **P. Mettelock**, présentée par M. Louis Hackspill.

Lors d'une révision des méthodes analytiques des produits sidérurgiques phosphatés, nous avons examiné les possibilités d'employer les sels de zirconium : *a.* comme réactif d'élimination quantitative de l'acide phosphorique, et *b.* comme réactif de dosage de cet acide. Il s'agissait de préciser les conditions d'obtention d'un phosphate de zirconium insoluble d'une composition définie, et cela, à l'encontre des méthodes connues, en milieu chlorhydrique. Le dosage de zirconium comme monophosphate dans les roches et les produits sidérurgiques, proposé par Hillebrand et amélioré par G. Steiger [2], Nicolardot et Reglade [3], G. E. Lundell et H. B. Knowles [4], H. J. van Royen et H. Grewe [5], doit en effet s'effectuer en milieu sulfurique de concentration déterminée. Le phosphate ainsi obtenu est calciné et pesé à l'état de pyrophosphate $ZrP_2O_7 (= ZrO_2.P_2O_5)$.

---

(1) Séance du 23 décembre 1946.
(2) *Journ. Washington Academy of Sciences*, 8, 1918, p. 637.
(3) *Comptes rendus*, 168, 1919, p. 349.
(4) *Journ. Amer. Chem. Soc.*, 41, 1919, p. 1801.
(5) *Arch. f. Eisenhüttenw.*, 7, 1933-1934, p. 505.

Nos essais ont abouti à l'élimination quantitative de l'acide phosphorique, en solution chlorhydrique et en employant un excès de 200 à 300 % de zirconium, ajouté à l'état de solution aqueuse 10 % de chlorure de zirconyle $ZrOCl_2.8H_2O$. Cependant, pour obtenir un précipité facilement filtrable, il faut évaporer le liquide à sec et dessécher le résidu à 130°. En reprenant le résidu par $HCl(d=1,07)$, le phosphate de zirconium, devenu granuleux, se filtre aisément, mais il faut éviter tout lavage à l'eau et employer pour cela HCl dilué (1/10). Par calcination à 1050°, on obtient non pas le pyrophosphate monozirconique, mais le pyrophosphate bizirconique $2ZrO_2.P_2O_5$. Dans le filtrat ainsi obtenu, on peut effectuer la séparation des cations trivalents d'avec les cations bivalents au moyen de l'ammoniaque et du brome, et l'on évite ainsi la séparation malaisée en milieu-tampon acétique ou par l'hexaméthylène tétramine.

Le fait inattendu d'avoir ainsi précipité quantitativement l'acide phosphorique à l'état de $2ZrO_2.P_2O_5$ nous a amenés à étudier le dosage de cet acide par l'ion Zr^{++++}. A cet effet, des solutions équimoléculaires de biphosphate de potassium et de chlorure de zirconyle ont été mélangées en proportions variables, les précipités obtenus après évaporation préalable des solutions et dessiccation des résidus, ont été pesés et analysés à leur tour.

Le tableau suivant résume les résultats d'une série principale d'expériences.

Poids des substances réagissantes (en g.).		Excès de réactif (%).		Poids des précipités.	
P_2O_5.	ZrO_2.	P_2O_5.	ZrO_2.	Théorique.	Trouvé.
0,2018	0,08758	100	–	0,1885	0,1870
0,1412	0,08758	40	–	0,1885	0,1866
0,1210	0,08758	20	–	0,1885	0,1866 (*a*)
0,1101	0,08758	10	–	0,1885	0,1878
0,1009	0,08758	0	0	0,1885	0,1873
0,1009	0,0964	–	10	(0,1973)	0,1955 (*b*)
0,1009	0,1059	–	20	(0,2068)	0,2058
0,1009	0,1026	–	40	(0,2235)	0,2236
0,1009	0,1752	–	100	0,2761	0,2748
0,1009	0,2627	–	200	0,2761	0,2770 (*c*)
0,1009	0,3503	–	300	0,2761	0,2762

Composition du précipité calciné : (*a*) $ZrO_2.P_2O_5$; (*b*) Mélange de $ZrO_2.P_2O_5$ et $2ZrO_2.P_2O_5$; (*c*) $2ZrO_2.P_2O_5$.

L'analyse des précipités de pyrophosphate obtenus a donné les résultats suivants :

	Excès de ZrO_2 (%).		Excès de P_2O_5 (%).	
Composition centésimale.	P_2O_5.	ZrO_5.	P_2O_5.	ZrO_5.
Trouvée....................	36,64	63,30	53,39	46,88
Calculée pour $2ZrO_2.P_2O_5$....	36,55	63,45	–	–
» $ZrO_2.P_2O_5$....	–	–	53,53	46,47

Il résulte de ces essais que la précipitation du phosphate de Zr en milieu chlorhydrique donne lieu, après calcination, à la formation de $ZrO_2.P_2O_5$ en présence d'un excès de P_2O_5 et de $2ZrO_2.P_2O_5$ en présence d'un excès de Zr.

Vérifiant et complétant ces résultats par le dosage comparatif de P_2O_5 comme $2ZrO_2.P_2O_5$ et comme phosphomolybdate sur une série de scories Thomas, nous avons obtenu les valeurs suivantes (moyennes de 3 à 5 dosages) :

	Échantillon n°						
P_2O_5 (%) trouvé comme	1.	2.	3.	4.	5.	6.	Erreur moyenne.
$2ZrO_2.P_2O_5$ (gravimétr.)....	24,20	21,73	20,82	18,44	17,18	15,18	±0,10
Phosphomolybd. (titrim.)....	24,34	21,69	20,87	18,28	17,21	15,09	±0,08

Le dosage gravimétrique de P_2O_5 à l'état de pyrophosphate bizirconique est donc parfaitement possible, à condition d'opérer en présence d'un excès de Zr d'environ 200 à 300 % et de travailler dans les conditions prescrites.

CHIMIE MINÉRALE. — *Localisation des éléments alcalinoterreux dans les fractionnements de terres cériques.* Note de M. S. **Takvorian**, transmise par M. Paul Pascal.

Ayant fractionné les nitrates doubles de terres cériques en présence de faibles quantités de nitrates de Fe^{+++}, Bi^{+++}, Tl^{+++}, Ga^{+++}, In^{+++}, Th^{IV+}, nous avions remarqué que tous ces éléments se concentrent en queue du fractionnement (1).

Il en est tout autrement de l'ion Ba^{++}. Introduit à l'état de nitrate de baryum dans un fractionnement de nitrates de terres rares ammoniacaux ou magnésiens, l'ion Ba se concentre en tête du fractionnement, c'est-à-dire avec les portions les moins solubles.

Ce fait étant unique en son espèce, nous avons voulu étendre cette étude, et vérifier le comportement des éléments alcalinoterreux.

Un lot de 500g de terres cériques a été transformé en nitrates doubles ammoniacaux, puis divisé en quatre parties égales.

La première a été fractionnée comme témoin, sans aucune addition.

Les trois dernières ont été fractionnées séparément, après addition de 10 % environ de nitrate de Ba, Sr ou Ca.

Plusieurs milliers de cristallisations ont conduit, dans chaque série, à sept fractions. Les fractions de tête contiennent, du point de vue des terres rares, le lanthane presque pur; elles sont suivies de fractions La-Pr, Pr-Nd, Nd et finalement de fractions riches en samarium.

Dans chaque série, chacune des fractions a été ajustée à 500cm³. Une prise d'essai de 5cm³ a été traitée par l'ammoniaque; le précipité d'hydroxydes de

(1) S. Takvorian, *Ann. de Chim.*, 20, 1945, p. 155.

terres rares est transformé en oxalates, après redissolution dans l'acide nitrique; l'oxalate est titré par MnO_4K N/10.

Le filtrat ammoniacal, qui contient l'élément alcalinoterreux, est titré par MnO_4K N/10.

Dans le cas du baryum le filtrat ammoniacal est neutralisé par NO_3H, puis précipité par SO_4H_2.

Le tableau ci-dessous illustre les résultats.

Localisation des éléments alcalinoterreux lors du fractionnement des terres cériques à l'état de nitrates doubles ammoniacaux.

Addition de nitrate de baryum.

Numéros des fractions..	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII
M_2O_3(g)............	5,7	6,7	21,4	23,4	25,3	22,9	8,2
BaO (g)............	1,81	1,56	1,88	1,81	1,62	1,26	0,11
$\frac{BaO}{M_2O_3} \times 10^2$.........	31,8	23,3	8,8	7,7	6,4	5,5	1,3

Addition de nitrate de strontium.

Numéros des fractions..	A.	B.	C.	D.	E.	F.	G.
M_2O_3(g)............	3,8	5,6	12,7	25,3	28,3	29,5	26,8
SrO(g)............	0	0	0	0,2	0,51	2,07	4,7
$\frac{SrO}{M_2O_3} \times 10^2$.........	0	0	0	0,8	1,8	7,0	17,5

Addition de nitrate de calcium.

Numéros des fractions..	*a.*	*b.*	*c.*	*d.*	*e.*	*f.*	*g.*
M_2O_3(g)............	6,0	20,2	21,4	25,0	24,8	22,5	11,9
CaO (g)............	0	0	0,15	0,9	2,0	3,8	2,3
$\frac{CaO}{M_2O_2} \times 10^2$.........	0	0	0,7	3,6	8,1	16,9	19,3

La première série de nombres confirme les résultats déjà annoncés; l'ion Ba^{++} s'accumule en tête, dans les fractions les moins solubles.

L'ion Sr^{++} et l'ion Ca^{++} se distinguent très nettement du baryum : ils s'éliminent en queue, comme le font tous les autres éléments étudiés précédemment.

L'ion Ba^{++} est donc le seul qui se concentre en tête.

Ayant comparé deux à deux les fractions de la série contenant du baryum avec celles de la série témoin, nous n'avons pu déceler aucune différence de composition en terres rares, attribuable à la présence de l'ion Ba^{++}.

Il y a lieu de penser que le radium et son isotope le mésothorium-1 s'accumuleraient dans ces mêmes conditions, dans les fractions peu solubles de tête.

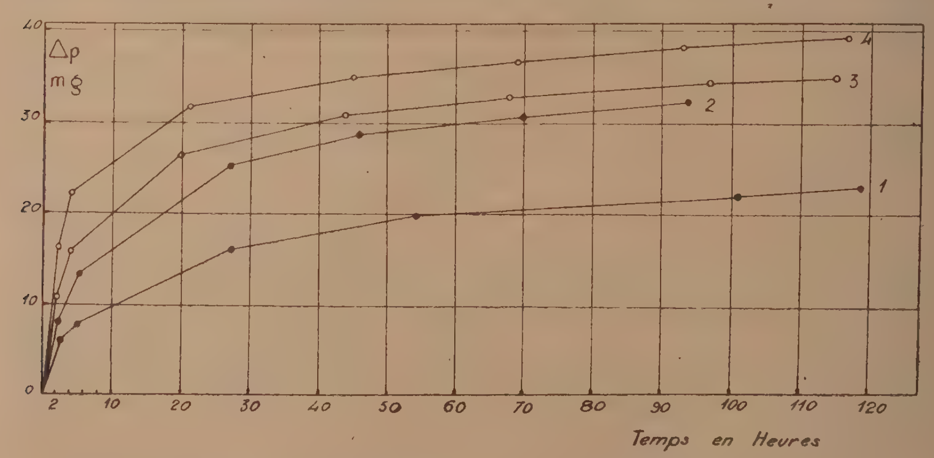
Aucun des éléments étrangers examinés ne se concentre à l'intérieur de la série des terres rares.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Sur les phénomènes d'adsorption et de désorption se produisant à la surface du fer après décapage à l'acide ou électrolytique.* Note (¹) de MM. **Paul Bastien** et **Simon Mischonsniky** et Mlle **Chantal de Senneville**, présentée par M. Albert Portevin.

Le décapage à l'acide ou cathodique du fer provoque un chargement en hydrogène du métal et met à nu une surface débarrassée des oxydes qui pouvaient la recouvrir. Une telle surface paraissait, *a priori*, apte à adsorber, après décapage, les gaz de l'air : nous nous sommes proposé de démontrer la réalité de ce phénomène, de chiffrer son amplitude et de rechercher dans quelle mesure une désorption des gaz ainsi fixés pouvait ultérieurement se produire au cours du dégagement de l'hydrogène du métal chargé en ce gaz.

Le métal utilisé (fils de 2^{mm}) était un acier extra-doux Martin basique ($C = 0,06$ %), traité par un recuit à 950°. Le chargement en hydrogène a été réalisé soit par immersion de 48 heures dans une solution aqueuse à 10 % d'acide chlorhydrique, soit par attaque cathodique de même durée, dans la même solution avec une densité de courant de 5,25 mA/cm².

Si, après décapage et séchage des fils, on suit en atmosphère sèche leur poids en fonction du temps, on constate une augmentation qui, rapide dans les premières heures, ralentit progressivement (*fig.* 1). Dans le vide, cet accrois-



Augmentation de poids, par exposition à l'air sec, après décapage :
1. Surface oxydée, 2. Surface polie : décapage électrolytique. 3. Surface oxydée, 4. Surface polie : décapage à l'acide.

sement de poids ne se produit pas. L'allure du phénomène et les conditions dans lesquelles il se manifeste conduisent à considérer qu'une adsorption des gaz de l'air se produit à la surface du fer fraîchement décapé.

(¹) Séance du 23 décembre 1946.

Si l'on admet que la proportion d'azote et d'oxygène dans la couche de gaz adsorbés est la même que dans l'air, les volumes de gaz fixés, après 100 heures de séjour à l'air après décapage, sont les suivants :

Mode de décapage		Volumes de gaz adsorbés (cm^3/100^g de métal) N_2.	O_2.
à l'acide	surface initiale oxydée...........	57,6	15,05
	» » polie	65,05	17,08
électro-lytique	surface initiale oxydée...........	45,8	12,04
	» » polie	65,1	17,09

Si, après chargement en hydrogène, le fer est exposé à l'air ou mieux immergé dans un milieu facilitant la désorption ([2]) (eau, mercure), un dégagement abondant de gaz se produit. Il était intéressant de rechercher si le gaz ainsi émis est uniquement de l'hydrogène ou si les gaz de l'air fixés par adsorption participent au dégagement.

Dans ce but, du fil d'acier extra-doux recuit (100^g) a été chargé en hydrogène pendant 72 heures par immersion dans une solution aqueuse à 10 % d'acide chlorhydrique, ou par attaque électrolytique; les fils séchés étaient ensuite exposés à l'air de 2 à 6 heures, puis placés, immergés dans du mercure, dans un appareil relié à un analyseur de gaz. Les résultats ont montré, dans tous les cas, l'existence d'un léger dégagement d'oxygène et d'azote en même temps qu'un dégagement abondant d'hydrogène. Pour 2 heures d'exposition à l'air, après chargement et avant immersion dans le mercure, on a

		Attaque chimique	électrolytique
Volume total de gaz dégagé en 72 h. dans le mercure (cm^3/100^g de métal).		35,9.	39,5.
Composition % du gaz recueilli	H_2.........	96,1	94,7
	O_2.........	0,3	0,3
	N_2.........	3,6	5

Le dégagement d'hydrogène est donc accompagné d'une désorption, au moins partielle, des gaz de l'air fixés par adsorption, après chargement. La proportion d'oxygène, plus faible que dans l'air, résulte probablement d'une combinaison partielle, avec formation d'eau, de l'oxygène adsorbé au contact de l'hydrogène activé dégagé par le fer ([3]). En réduisant au minimum le temps entre la fin du chargement et l'immersion dans le mercure, la mesure des volumes de gaz dégagés dans le mercure donne l'hydrogène émis à mieux que 5 % près.

([2]) P. Bastien, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 105.

([3]) Un cas analogue a déjà été signalé par l'un de nous (combinaison de l'oxygène dissous dans l'eau au contact de l'hydrogène activé libéré par du fer chargé en ce gaz); P. Bastien, *Revue métallurgie*, 38, 1941, pp. 272-284.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Cyclisation de certaines cétones éthyléniques en β-tétralones.* Note ([1]) de MM. **Jean Colonge** et **Jean Chambion**, présentée par M. Marcel Delépine.

On sait que les cétones éthyléniques présentant l'enchaînement $C_6H_5.CO.C=C-$ peuvent être cyclisées en indanones sous l'action du chlorure d'aluminium ([2]), soit au cours même de leur préparation, soit postérieurement à celle-ci.

$$C_6H_5-CO.CH=C(CH_3)_2 \rightarrow C_6H_4\begin{matrix}CO\\ CH_2\\ C(CH_3)_2\end{matrix}$$

Cette Note montre que les cétones du type $C_6H_5.CH_2.CO.C=C-$ conduisent aux β-tétralones lorsqu'on les traite par le chlorure d'aluminium; par exemple

$$C_6H_5-CH_2.CO.CH=C(CH_3)_2 \rightarrow C_6H_4\begin{matrix}CH_2\\ CO\\ CH_2\\ C(CH_3)_2\end{matrix}$$

Les cétones éthyléniques nécessaires à cette étude ont été obtenues par condensation du chlorure de phénylacétyle avec des hydrocarbures éthyléniques (isobutylène et triméthyléthylène) en présence de petites quantités de chlorure stannique selon le procédé que l'un de nous a déjà signalé ([3]). Il est probable que l'on obtient des mélanges d'isomères α- et β-éthyléniques comme l'ozonolyse des semicarbazones le démontre. La cyclisation est réalisée en ajoutant lentement la cétone éthylénique (1/4 mol) à du sulfure de carbone tenant en suspension le chlorure d'aluminium (0,75 mol) pulvérisé; on chauffe ensuite à 45° pendant 1 heure 30 minutes; la masse refroidie est hydrolysée sur glace et acide chorhydrique; enfin on rectifie.

On peut admettre que la cétone α- ou β-éthylénique additionne les petites quantités d'acide chlorhydrique apportées par le chlorure d'aluminium; sur la cétone β-chlorée formée le chlorure provoque une réaction de Friedel et Crafts;

([1]) Séance du 6 janvier 1947.

([2]) V. Auwers et Risse, *Ann. der Chem.*, **502**, 1933, p. 282; Kohler, *Ber. d. chem. Ges.*, **54**, 1921, p. 990; Smith et Prichard, *Journ. Amer. Chem. Soc.*, **62**, 1940, p. 770; etc.

([3]) J. Colonge et Mostafavi, *Bull. Soc. Chim.*, **6**, 1938, p. 339.

l'acide chlorhydrique libéré entre à nouveau en réaction et ainsi de suite :

CH_2 ... CO ... CH ... C ... H_3C CH_3 + ClH → CH_2 ... CO ... Cl ... CH_2 ... C ... H_3C CH_3 $\xrightarrow{Cl_3Al}$ CH_2 ... CO ... CH_2 ... C ... H_3C CH_3 + ClH.

Les β-tétralones obtenues sont des liquides visqueux, bouillant sous 15^{mm}, une dizaine de degrés au-dessus des cétones éthyléniques; leur densité est supérieure à l'unité; elles donnent très facilement des semicarbazones. Par hydrogénation elles fournissent des β-tétralols, lesquels, par chauffage avec de l'acide phosphorique, se déshydratent en dihydronaphtalènes (mélanges d'isomères 1-2 et 1-4); l'hydrogénation de ces dialines donne les tétralines correspondantes.

La constitution des β-tétralones obtenues est prouvée par oxydation qui fournit de l'acide diméthylhomophtalique; si la triméthyltétralone est oxydée par l'acide chromique en solution acétique, on obtient l'acide *o*-(α-α-diméthylpropylone) benzoïque déjà décrit par Price (⁴).

Signalons aussi que les β-tétralones réagissent avec l'isatine (réaction de Pfitzinger) et donnent les acides dihydroacridinecarboxyliques.

Phényl-1 méthyl-4 pentène-3 (ou 4) one-2 $C_{12}H_{14}O$. Liquide incolore, d'odeur miellée, $É_{14}$ 138°; $d_4^{17,5}$ 0,998; $n_D^{17,5}$ 1,5393; Rdt 35 % ; *semicarbazone* F 148°.

Phényl-1 diméthyl-3.4 pentène-3 (ou 4) one-2 $C_{13}H_{16}O$. Liquide incolore, $É_{11}$ 145°; d_4^{14} 0,994; n_D^{14} 1,5314; Rdt 65 % ; *semicarbazone* F 186°.

Diméthyl-1.1 tétralone-3 $C_{12}H_{14}O$. Liquide visqueux, jaunissant peu à peu; $É_{16}$ 150°; d_4^{23} 1,050; n_D^{23} 1 5412; Rdt 70 % ; *semicarbazone* F 181°.

Triméthyl-1.1.2 tétralone-3 $C_{13}H_{16}O$. Liquide visqueux, incolore, odeur de miel et de bois; $É_{16}$ 152°; $d_4^{15,5}$ 1,046; $n_D^{15,5}$ 1,5420; Rdt 80 % ; *semicarbazone* F 147°.

Diméthyl-1.1 tétralol-3 $C_{12}H_{16}O$. Cristaux. F 70°.

Triméthyl-1.1.2 tétralol-3 $C_{13}H_{18}O$. Liquide visqueux; $É_{17}$ 171-173°.

Diméthyl-1.1 dihydro-1.2 (ou 1.4) naphtalène $C_{12}H_{14}$. Liquide incolore, $É_{15}$ 107°; $d_4^{18,5}$ 0,964; $n_D^{18,5}$ 1,5542;

Triméthyl-1.1.2 dihydro-1.2 (ou 1.4) naphtalène $C_{13}H_{16}$. Liquide incolore, $É_{17}$ 127-131°; $d_4^{17,5}$ 0,961; $n_D^{17,5}$ 1,5482.

Diméthyl-1.1 tétrahydro-1.2.3.4 naphatalène $C_{12}H_{16}$. Liquide mobile; $É_{17,5}$ 110°; n_4^{25} 0,945; n_D^{25} 1,5267; constantes en bon accord avec celles de Bogert (⁵).

Triméthyl-1.1.2 tétrahydro-1.2.3.4 naphatalène $C_{13}H_{18}$. $É_{16}$ 125°; d_4^{15} 0,941; n_D^{25} 1,5243.

Acide diméthyl-3.3 benzo-1.2 dihydro-3.4 acridine carboxylique-10 $C_{20}H_{17}O_2N$. Cristaux jaunâtres; F 271°.

Acide triméthyl-3.3.4 benzo-1.2 dihydro-3.4 acridine carboxylique-10 $C_{21}H_{19}O_2N$. Cristaux jaunâtres; F 257°,5.

Nous poursuivons cette étude sur les cétones $C_6H_5-(CH_2)^n.CO.\underset{|}{C}=\underset{|}{C}-$ pour $n \geq 2$.

(⁴) PRICE, DAVIDSON et BOGGERT, *Journ. org. Chem.*, 2, 1938, p. 540.

(⁵) BOGGERT, DAVIDSON et APPELBAUM, *Journ. Amer. Chem. Soc.*, 56, 1934, p. 959.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur la lumière diffusée vers l'arrière par les cristaux liquides.* Note de M. **Pierre Chatelain**, présentée par M. Charles Mauguin.

La lumière diffusée vers l'arrière, par une préparation orientée de para-azoxyanisol dans sa phase nématique, placée normalement au faisceau de lumière excitatrice, a été comparée à la diffusion vers l'avant, dans les quatre cas étudiés dans une Note antérieure (1).

Pour réaliser des conditions plus symétriques, la préparation, limitée précédemment par une lame plane et une lentille demi-boule, a été remplacée par une préparation limitée par deux lames parallèles.

L'état de polarisation de la lumière diffusée vers l'arrière est analogue à celui de la lumière diffusée vers l'avant pour des directions symétriques : dans les quatre cas étudiés, c'est le faisceau diffusé transportant la vibration perpendiculaire à la vibration du faisceau éclairant qui est la plus intense.

D'autre part, l'intensité de la lumière diffusée vers l'arrière est bien moins grande que l'intensité de la lumière diffusée vers l'avant, les faisceaux comparés étant symétriquement disposés par rapport à la préparation. Il en résulte qu'il est nécessaire de faire une correction importante; en effet le faisceau de lumière excitant la diffusion se réfléchit partiellement sur lui-même, sur la lame de sortie de la préparation; retournant vers l'arrière, il traverse à nouveau celle-ci et excite donc vers l'arrière une diffusion qui est, en réalité, une diffusion avant. Si cette correction est faite, on constate que la lumière diffusée vers l'arrière a une intensité très lentement croissante quand on s'écarte du faisceau direct.

A titre d'exemple, voici les résultats obtenus dans le cas I_a : la lumière excitatrice vibrant parallèlement à la vibration ordinaire de la préparation, le plan de diffusion étant le plan perpendiculaire à l'axe optique, le faisceau diffusé le plus intense vibre parallèlement à la vibration extraordinaire; sa brillance ξ_{n_e} est en fonction de l'angle de diffusion Φ

Φ	$(180-8)^\circ$.	$(180-11)^\circ$.	$(180-16)^\circ$.	$(180-20)^\circ$.
ξ_{n_e}	3,5	4,1	4,1	5

Alors que les valeurs correspondantes pour la diffusion avant sont

Φ	8°.	11°.	16°.	20°.
ξ_{n_e}	123	80	46	29

Des résultats analogues sont observés dans les cas I_b, II_a et II_b.

La dissymétrie du diagramme représentant la brillance en fonction de l'angle de diffusion est considérable, elle est caractéristique d'une diffusion par de grosses particules.

(1) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 229.

Y. Rocart ([2]) a donné une relation liant le diagramme de diffusion aux dimensions des particules diffusantes en admettant que celles-ci sont sphériques, isotropes et plongées dans un milieu d'indice voisin du leur. Un diagramme semblable au nôtre serait obtenu avec des particules ayant un diamètre de $0^{\mu},2$ à $0^{\mu},3$.

Dans le cas des cristaux liquides, les particules ne sont ni sphériques, ni isotropes, et le milieu dans lequel elles sont plongées est formé des mêmes éléments qu'elles-mêmes, cependant le résultat ci-dessus doit nous donner l'ordre de grandeur de leurs dimensions.

Ces dimensions sont aussi celles déterminées par W. Kast ([3]) pour interpréter les valeurs anormales des constantes électromagnétiques des cristaux liquides et très voisines de celles adoptées par H. Tropper ([4]) à la suite de son étude sur le *mouvement brownien* découvert par Ch. Mauguin ([5]) dans le para-azoxyanisol.

Il est donc raisonnable d'admettre que, dans une préparation orientée de para-azoxyanisol dans sa phase cristal liquide, il existe des groupements de molécules de deux à trois dixièmes de micron, dans lesquels les molécules seraient très sensiblement parallèles, ces groupements étant séparés les uns des autres par des couches de passage où cette orientation serait plus désordonnée. Cette disposition serait, par suite de l'agitation thermique, en perpétuelle transformation dans le temps et l'espace, les dimensions des groupements se maintenant sensiblement constantes.

Quant à l'existence même de ces groupements et des couches de passage, elle doit être attribuée à une combinaison des actions du champ moléculaire et de l'agitation thermique; les ondes thermoélastiques seraient responsables du désordre des couches de passage et le fait que les groupements ont des dimensions bien définies indiquerait que, dans les cristaux liquides, les longueurs d'onde d'un très grand nombre d'ondes thermoélastiques se trouveraient comprises dans une bande assez étroite, voisine de $0^{\mu},3$.

GÉOLOGIE. — *Sur le Nummulitique de l'Ouest de Saint-Étienne-de-Tinée* (A.-M.). Note ([1]) de M. **Paul Fallot** et de Mlle **Anne Faure-Muret**, présentée par M. Charles Jacob.

Nous avons montré ([2]) que le Crétacé moyen et supérieur forme les massifs situés entre le Col de Crous et la Cime de Pal. Il y est couronné par le Nummulitique.

([2]) *Revue d'Optique*, **9**, 1930, p. 97.
([3]) *Zeits. für Electrochem.*, **45**, 1939, p. 184.
([4]) *Ann. der Phys.*, **30**, 1937, p. 371.
([5]) *Comptes rendus*, **154**, 1912, p. 1359.

([1]) Séance du 23 décembre 1946.
([2]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 954.

La comparaison de ce Tertiaire, dont M. R. Abrard a aimablement déterminé les Foraminifères avec celui déjà partiellement connu au Nord de Demandols, appelle des remarques importantes.

Arête de Rocca Maire et crête de Rognone. — Sur les poudingues terminant le Sénonien de Rocca Maire, reposent des calcaires noirs à petites Nummulites qui forment les 5 à 10 mètres terminaux de l'arête. Pendant légèrement au Sud-Ouest, ils y supportent des couches grises stériles, rappelant le Flysch, assez largement étendues dans le versant méridional du massif et dans la crête de Rognone, qui le relie à la Tête de Mérich. Cette crête avait déjà fourni en 1941, à l'un de nous, vers la cote 2250, des calcaires à *Nummulites* cf *incrassatus* ou *striatus* et *Operculina* cf *ammonea*. M. L. Bertrand a étudié jadis (3) le Nummulitique de la Tête de Mérich. Mais parce qu'il tenait le massif de Rocca Maire pour néocomien, il avait dû dessiner un contact anormal entre ce Crétacé inférieur et le Priabonien de la Tête de Mérich (4). En fait, la crête étant tout entière en Nummulitique, plus n'est besoin d'invoquer un contact anormal pour interpréter des relations parfaitement normales.

Versant Nord du Vallon de Demandols. — Les cartes montrent là, sur le Crétacé supérieur, des calcaires noirs à *N. striatus* suivis de Grès d'Annot, dans tous les sommets alignés du Mont-Aunès à la Pointe des Trois-Hommes; en revanche, le Bollofré et la Cime de Pal, situés plus à l'Ouest, sont attribués au Crétacé supérieur.

Le Bollofré (2828^{m}) domine le haut vallon de Demandols par un versant extrêmement abrupt. Entre lui et la Cime de Pal se creuse un cirque ouvert à l'Est, dont le fond est à 2300^{m} et que dominent des falaises presque infranchissables. Le bas des parois, le fond du cirque et les rochers qui le dominent au Nord, sont formés par le Sénonien à *Inoceramus inconstans*. A l'Ouest, le Crétacé supérieur est recouvert, vers 2525^{m} d'altitude, par le conglomérat à patine jaune, puissant ici de 10 à 25^{m}, et qui passe vers le Sud au haut des escarpements supérieurs de la Cime de Pal. Lui font suite des calcaires noirs à *Orbitolites complanatus*, *Nummulites striatus* et *Orthophragmina;* des calcaires noirs à *N. striatus* seule; puis des couches grisâtres de type Flysch. Ces dernières ont une patine analogue à celle du Crétacé, ce qui explique sans doute l'attribution du Bollofré et de la Cime de Pal à ce système.

Le conglomérat jaune forme une bande que l'on peut suivre à la jumelle dans les falaises du Bollofré, graduellement élevée vers le Nord-Est. Elle y définit aussi la base du Nummulitique, inaccessible ici. Plus loin, elle s'effile et disparaît. A la Baisse des Trois-Hommes et plus à l'Est, ce repère n'existe plus et nous avons observé, avec M. Durand-Delga, le repos direct, sans aucun faciès détritique intercalaire, des calcaires noirs à N. *striatus* seule, sur les calcaires sénoniens au Sud de Pierre Châtel. Sur cette transversale, les couches grises stériles sont assez réduites, et c'est la série du grès d'Annot qui règne dans toute la partie supérieure du massif.

Des observations consignées ici et dans une précédente Note (5), nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

Dans la région étudiée, le Nummulitique est transgressif sur le Sénonien, mais à peu près concordant avec lui. Il est formé de quatre termes :

1° Lutétien supérieur ou Bartonien inférieur, régnant de la Cime de Pal au

(3) Carte géologique de France au 1/80000, Feuille Saint-Martin-Vésubie.
(4) *Bull. Serv. Carte géolog. France*, n° 56, **11**, 1896, pl. II.
(5) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 55.

Mont-Aunès ([6]) et jusqu'au Nord-Est de Saint-Dalmas-le-Selvage, sauf localement au Sud de Pierre Châtel, et dont la transgression semble être venue du Nord. J. Boussac admettait l'âge *auversien* des gisements du Lauzanier, à 4^{km} au Nord, et de la Noncière, à 17^{km} au Sud-Ouest du Mont Aunès. Mainguy ([7]), par contre, a supposé que *N. perforatus* n'y est mêlée à une faune de cachet priabonien qu'à l'état remanié. La constance d'un horizon caractérisé par l'association à *N. striatus* de *N. perforatus*, *N. Brongniarti* et *Orbitolites complanatus*, dans la région située au Nord du Vallon de Demandols, exclut l'idée d'un remaniement des grandes Nummulites et nous porte à revenir aux vues paléogéographiques de Boussac. D'ailleurs, même remaniées, les grandes Nummulites du Lauzanier ne pouvaient venir de bien loin.

2° Bartonien supérieur ou Priabonien inférieur, en calcaires noirs à *N. striatus* seule ou avec *N.* cf *incrassatus*, épais de 30 à 40^m, étendu au Sud-Ouest jusqu'à Rocca Maire et à la Tête de Mérich, par où il se reliait sans doute à celui de la région de Puget-Théniers.

3° Série grise, marno-sableuse, stérile, rappelant certains Flyschs, plus épaisse dans le Sud-Ouest, apparemment réduite vers le Nord-Est. C'est sans doute l'équivalent de l'horizon marno-calcaire intercalé dans ce que M. L. Bertrand appelle *le faciès méridional*, entre Priabonien et Grès d'Annot. Cette formation remonte ici plus au Nord qu'on ne le croyait, puisqu'elle dépasse le Mont Aunès et même la Pointe Giassin.

4° Enfin, Grès d'Annot, puissant et largement répandu.

GÉOLOGIE. — *Cycles sédimentaires et épisodes tectoniques d'âge secondaire dans les Causses méridionaux du Quercy*. Note ([1]) de MM. **Bernard Gèze**, **Michel Durand-Delga** et **Albert Cavaillé**, présentée par M. Charles Jacob.

A la suite de E. Fournier ([2]) et de A. Thévenin ([3]), on admettait que, sur un Permien gauchi mais non vraiment plissé, la sédimentation du Trias et du Jurassique avait été relativement continue, malgré la présence de faciès lacustres, de faciès de brèches et des puissances fort variables pour certains étages.

Nos observations, effectuées de 1942 à 1946 sur les Feuilles de Cahors et de Montauban, complètent ou modifient sensiblement ces esquisses antérieures.

Tandis que, dans le Sud, le dôme de la Grésigne ne montre aucune discordance nette entre le Permien et le Trias, dans le dôme de Villevayre le Trias transgresse sur le

([6]) *Comptes rendus des Coll. Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, 1945 (sous presse).
([7]) *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 5e série, 7, 1937, pp. 401-406.

([1]) Séance du 23 décembre 1946.
([2]) *Feuilles géologiques de Gourdon, Cahors et Montauban* (1res éditions).
([3]) *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, n° 95, 14, 1902-1903.

Stéphano-Autunien et le Saxonien franchement plissés. Puissants d'au moins 150 à 200m dans l'Ouest, les grès, calcaires et argiles attribués au Trias, n'ont plus que 5 à 20m dans l'Est, où ne se retrouvent guère que les grès supérieurs, peut-être déjà rhétiens.

Le Trias s'est donc déposé sur un pays plissé et non entièrement aplani à la fin du Permien. Sa réduction considérable vers le socle ancien du Ségala est un phénomène tout à fait analogue à celui que l'on observe, symétriquement par rapport au haut-fond cévenol, dans la bordure sud-est du Massif Central.

La sédimentation paraît ensuite continue pendant le Lias inférieur, mais une lacune est probable entre Sinémurien et Charmouthien, ce dernier étage débutant en effet par un calcaire à grains de quartz, débris de fossiles et fragments roulés de calcaire sinémurien (4).

A la fin du Charmouthien, le calcaire gréseux, souvent lumachellique, à *Pseudopecten æquivalvis*, traduit un retour à des conditions de très faible profondeur. Les marnes noires toarciennes, à *Posidonomya Bronni*, espèce déjà signalée vers Gramat et Figeac, mais récemment trouvée dans le Sud (4), indiquent un nouvel approfondissement certain de la mer. Par contre, l'Aalénien correspond à une phase franchement régressive, ainsi que le démontrent le faciès gréseux, les bancs à *Gryphaea sublobata* et la présence assez constante d'un niveau d'oolites ferrugineuses, épais de 20cm à 1m, entre Saint-Antonin au Sud, Vidaillac et Laramière au Nord.

Le Lias nous apparaît donc comme l'ensemble de trois petits cycles sédimentaires, séparés par des lacunes ou tout au moins par des épisodes de moindre profondeur : cycle Hettangien-Sinémurien, cycle Charmouthien, cycle Toarcien-Aalénien.

Il semble que, dans le Sud, le Bajocien succède en continuité au Lias supérieur. Par contre, dans les régions de Laramière à Marroule et de La Capelle-Balaguier, nous avons reconnu que cet étage transgresse directement sur le Toarcien et même sur le calcaire du Charmouthien supérieur. Bien que les couches soient proches de l'horizontale, on observe là une très belle *discordance de mapping*. Plus au Nord, Mouret (5) avait d'ailleurs signalé l'absence d'Aalénien et, vers l'Est, Mlle Boisse de Black (6) avait noté la possibilité de lacunes à la base du Bajocien du Détroit de Rodez.

La sédimentation calcaréo-dolomitique se poursuit ensuite jusque vers le Bathonien inférieur où se présentent des discontinuités fréquentes mais de faible ampleur. Entre Saint-Antonin et Cajarc, nous avons observé parfois jusqu'à dix alternances de gros bancs calcaires à surface corrodée, durcie, ferrugineuse, incrustée d'huîtres, et d'argiles ligniteuses dont la faune laguno-lacustre est par ailleurs bien connue.

Quelques passées bréchiques ont été signalées à ce même niveau, mais ce faciès se développe beaucoup dans le Bathonien supérieur des Feuilles de Gourdon et de Brive, traduisant sous une autre forme des conditions de grande instabilité de la sédimentation calcaire.

Ainsi, immédiatement avant le Bajocien ou au début de cet étage, on est

---

(4) *C. R. som. Soc. géol. Fr.*, 1943, p. 190.

(5) *Feuille de Figeac* (2e édition).

(6) *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, no 188, 36, 1932-1933, p. 116.

conduit à admettre dans le Quercy l'existence d'une phase d'érosion consécutive à une légère déformation tectonique.

Ensuite, pendant la première moitié du Bathonien surtout, mais peut-être pendant toute la durée de cet étage, le Quercy a été le siège d'une sédimentation très instable et toujours de très faible profondeur, comme c'est le cas pour le grand Causse du Larzac et maintes autres régions de la périphérie du Massif Central.

Malgré sa puissance considérable, le Jurassique supérieur est plus monotone. Cependant, la fréquence des faciès de calcaires crayeux à Polypiers (Callovo-Oxfordien à Rauracien), les faciès de calcaires en dalles ondulées à Lamellibranches et Oursins (Séquanien), enfin les faciès de calcaires marneux, localement bréchiques à la base et lignitifères (Kiméridgien), s'expliquent tous par la proximité de la côte ou même le retour à des périodes d'instabilité.

Les sédiments secondaires ultérieurs, s'il y en a eu, ont tous été enlevés par l'érosion, mais les formations sidérolitiques reposent en moyenne sur des couches de plus en plus récentes vers l'Ouest. Un gauchissement général, avec affaissement vers le centre du Bassin Aquitain, paraît donc certain et pourrait être daté des phases tectoniques du Crétacé moyen ou du Lutétien, bien connues par ailleurs.

Entre les phases tectoniques du Permien supérieur et du Crétacé moyen ou du Lutétien, la zone méridionale des Causses du Quercy, comme la plupart des régions de bordure du Massif Central, fut donc, au cours du Secondaire, le siège d'une sédimentation troublée et discontinue, faite de nombreux petits cycles que séparent des épisodes de faible profondeur ou même d'émersion, notamment après une phase de déformation tectonique sensible, datant du début du Bajocien.

GÉOLOGIE. — *Les grands traits de la tectonique du Bassin de Blanzy.* Note (1) de M. **Jean Louis**, présentée par M. Charles Jacob.

Une Note précédente (2) a exposé les raisons qui nous ont conduit à admettre l'existence d'une sédimentation continue depuis le Stéphanien jusqu'au Permien supérieur. Dans celle-ci, seront précisée la tectonique du bassin et définie la nature de certains contacts anormaux que de précédents observateurs ont attribués à des plissements post-houillers ou post-autuniens.

I. Si, partant de la lisière N du bassin entre le Creusot et Saint-Eugène, on se dirige vers le SE, on rencontre successivement les sables gréseux rouges et blancs du Permien supérieur, les arkoses blanches de l'étage moyen qui forment souvent des promontoires rocheux, les schistes à *Walchia* qui apparaissent en anticlinaux à Charmoy, Courmarcou etc. Mais, sur une ligne allant du village

(1) Séance du 6 janvier 1947.

(2) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 426.

de Charmoy au hameau de Changy près des Martenets, les grès rouges placés au SE se trouvent en contact avec diverses formations du Permien moyen et inférieur : schistes et arkoses près de Charmoy, arkoses blanches à la Valotte, schistes à l'Échenault, au Grenouillat, aux Martenets. De chaque côté les pendages sont les mêmes : ici il existe une faille longitudinale.

Non loin de Montceau, les arkoses blanches plongent au NW et forment une petite butte sur laquelle est construit le village de Sanvignes. Elles dominent une bande de grès rouges plongeant également au NW. On a donc là un autre accident longitudinal important : la faille de Sanvignes, parallèle à la précédente, et qu'on suit par Royan jusqu'au delà de la ferme du Sauvage.

II. Des observations similaires démontrent la présence d'autres accidents, transversaux cette fois et de direction N 70° W :

L'un d'eux passe au N des Bizots et au SW de la Crézille, où il met en contact schistes et grès rouges.

Un second, la faille de Charmoy, visible dans le chemin allant des Carrés aux Rochettes, coupe l'anticlinal de Charmoy et semble responsable de la stérilité du grand sondage fait jadis près de cette localité.

Une troisième faille coupe les schistes de Courmarcou.

Une quatrième explique la présence d'un lambeau de grès rouges accolés aux schistes à *Walchia* de Chapitre.

Une faille de direction NS remonte les terrains à l'E d'une ligne allant de la gare de Montchanin aux Lavriots. Dans cette région, les arkoses blanches réapparaissent aux carrières des Lavriots et au S du Breuil, permettant de jalonner deux accidents longitudinaux de direction N 55° E.

Toutes ces failles transversales ont des rejets de l'ordre de plusieurs centaines de mètres; elles offrent la particularité de remonter le compartiment E par rapport au compartiment W.

III. Au SW d'une ligne Saint-Eugène-Étang des Martenets, les observations sont rendues plus difficiles par le développement des alluvions pliocènes. On y peut cependant faire des constatations analogues, notamment au Puits et au Buisson, où apparaissent des schistes à *Walchia*. La ligne de dislocation Charmoy-les Martenets paraît se prolonger au Puits, au N de Marly, à l'E de Gueugnon. Une autre ligne de dislocation paraît jalonner au S les schistes du Buisson, les arkoses de la Petite Faye, les schistes de Curdin. Enfin, il est probable qu'un effondrement important s'est produit au S d'une droite joignant Clessy aux Morillons.

IV. Les coupes transversales montrent l'existence de deux anticlinaux séparés par un synclinal. Les axes des plis, dirigés N 30° E, paraissent légèrement obliques par rapport à la direction générale du bassin qui est N 35° E à N 40° E, dans la partie NE, et N 50° E, dans la portion méridionale.

Les coupes longitudinales montrent quelques ondulations de l'axe des plis, notamment dans la région NE, où la diagonale Sanvignes-les-Martenets correspond à un maximum d'élévation.

Les pendages mesurés sont généralement compris entre 15° et 25°, atteignant quelquefois 45°, par exemple dans la région de Sanvignes. Enfin, aux environs de Montchanin, on note un déversement local des couches inférieures sur le grès rouge, lequel a participé au mouvement comme on le voit dans une carrière près de la gare de Montchanin.

V. Les limites du bassin sont déterminées par des failles. On se rend compte du rôle joué par ces accidents et notamment par les failles transversales en examinant une coupe longitudinale : remontant à plusieurs reprises les terrains qui plongent vers le NE, elles contribuent à augmenter considérablement la longueur apparente du bassin.

VI. On peut résumer ainsi l'histoire géologique du Bassin de Blanzy : à la sédimentation houillère banale se substitue progressivement une sédimentation détritique qui domine au Permien moyen. A la fin du Permien moyen et au début de l'étage supérieur, les dépôts deviennent plus grossiers; ils contiennent de nombreux galets, indices de la prédominance d'un régime torrentiel. Le climat désertique s'établit ensuite et les sables rouges des couches les plus élevées du Permien sont homogènes. Une phase tectonique majeure, avec plis et failles, intervient alors. Elle est suivie d'une érosion qui précède les dépôts du Trias. Au Tertiaire, une nouvelle série de dislocations affecte l'ensemble, faisant rejouer les failles permiennes et en produisant d'autres. Une nouvelle érosion donne au bassin son aspect actuel.

GÉOLOGIE. — *Sur quelques schistes à graptolites de la Guinée française.* Note de Mlle **Thérèse Pobeguin**, présentée par M. Charles Jacob.

Ce travail, poursuivi il y a une quinzaine d'années sur la demande de Paul Lemoine, n'a jamais jusqu'à ce jour été publié. M. G. Arnaud, directeur actuel du Service des Mines de l'A. O. F., vient de me faire connaître qu'il présentait un intérêt pour l'étude du Paléozoïque guinéen. D'où cette Note succincte.

Les schistes en question, dont l'origine exacte ne peut être précisée, proviennent vraisemblablement de l'extrême Sud de la Guinée, de régions voisines de la frontière du Libéria, et sont tous de même âge. Néanmoins, d'après l'allure des plaques, tant au point de vue du groupement des Graptolites qu'à celui du grain de la roche et du degré d'altération, il n'est pas impossible qu'ils aient été recueillis en des points différents.

J'ai, à l'époque, envoyé les principaux échantillons fossilifères à Miss Elles afin d'assurer mes déterminations. Tous les types sont caractéristiques de la zone à *Monograptus sedgwicki* (zone 21 de Miss Elles) et sont par conséquent du Llandovery supérieur. Ces schistes seraient l'équivalent des « Upper Birkhill Shales », donc du Gothlandien inférieur (*Valentian* des auteurs anglais). Par ailleurs, ils seraient d'un niveau un peu inférieur à ceux de J. H. Sinclair

(échantillons provenant des environs de Télimélé), contenant *Monograptus priodon* et *Gladiograptus geinitzianus* (zones 23-26 de Miss Elles).

Avec certaines plaques se trouvent des lentilles de grès sombre, très dur, à grain fin, parfois pyriteux; en plaque mince, les grains de quartz apparaissent nets, petits et réguliers, quelques-uns ont une extinction roulante; il y a un peu de mica (muscovite ou séricite), un peu de chlorite, du sphène, quelques grains roulés de zircon et des débris de tourmaline verdâtre; beaucoup de pyrite, généralement emballée dans de la matière organique charbonneuse.

Les schistes, pour la plupart noirs et micacés, peuvent se répartir de la façon suivante :

a. Des plaques à surface brillante, en masses assez épaisses et dures, souvent lisses, peu altérées, qui montrent des empreintes pyriteuses ou charbonneuses nettes; le schiste est fin et régulier de grain; on y observe *Petalograptus altissimus* et *Climacograptus hughesi*, le plus souvent associés, ainsi que *Climacograptus scalaris*. Sur certaines plaques, remarquablement lisses, on trouve presque uniquement de nombreuses traces de sicula. Ces schistes présentent des parcelles de mica très fines et sont en général noirs, avec des passées psammitiques; certains échantillons, brun rougeâtre, ne contiennent aucun fossile.

b. D'autres plaques également brillantes, épaisses et dures, peu altérées, à empreintes nettes, révèlent des traces de *Climacograptus scalaris* et *Glyptograptus tamariscus*, var. *incertus*.

c. De grandes plaques assez altérées quoique encore résistantes de schistes noirs, à paillettes de mica plus développées, montrent des empreintes parfois encore assez brillantes, mais parfois recouvertes d'une couche brune de carbonate de fer. On y trouve associés : *Monograptus sedgwicki*, *Monograptus undulatus* et *Monograptus distans*. Les empreintes de *Monograptus sedgwicki* sont toujours sans épines. Un des échantillons présente des traces de *Retiolites* (vraisemblablement *Gladiograptus perlatus*).

d. De grandes plaques très altérées, se délitant facilement, très pyriteuses. La pyrite se présente souvent en plages circulaires de petits cristaux parfois brillants, plages recouvertes d'efflorescences blanches entourées de granules bruns; il semble qu'il s'agisse de fins cristaux de gypse et de grains de sidérose, provenant de l'altération de la pyrite. Ces plaques montrent des empreintes peu nettes (souvent carbonatées) de *Monograptus* analogues aux précédents.

D'autres plaques sont tellement altérées que l'on n'y distingue plus de Graptolites. Tous les feuillets se soulèvent et sont remplis d'efflorescences blanches, formées par le groupement en rosettes de très fines aiguilles de gypse; ces échantillons ne présentent plus de pyrite visible.

Il reste à souhaiter, à la fin de cette Note, que les indications données permettent de retrouver en place les schistes ci-dessus étudiés.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Faible importance du ruissellement dans les plaines atlantiques françaises*. Note de M. **André Cailleux**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

Une étude des vallons forestiers de Dourdan (S.-et-O.) m'a montré, d'une part que l'écoulement de l'eau, l'érosion et la sédimentation mécaniques sont

nuls sur les versants et faibles sur les thalwegs et presque exclusivement limités aux semaines qui suivent le dégel; et, d'autre part, que l'écoulement est favorisé par la présence en profondeur d'une couche imperméable.

Partout où elle s'exerce en France, l'influence du gel (rétention) et du dégel sur l'écoulement s'avère considérable. Elle me conduit à distinguer, dans le type hydrologique pluvial tempéré, deux variétés : pluvial frais et pluvial tiède. Le type tiède s'observe là où le gel est négligeable, dans les petites vallées littorales de l'Ouest. Le type frais est réalisé partout ailleurs, dans les bassins de Seine, Somme et Meuse; il paraît commandé moins par la pluie que par le nombre de jours de gel, de l'ordre de 40 à 100 par an; il diffère du type tiède par le fait que les plus fortes crues se produisent exclusivement lors du dégel, par la valeur plus élevée (4 mois contre 2 à 3) du retard entre les maximums de précipitation et de débit, et enfin par la part plus importante (10 % environ contre 1 à 2 %) de la neige dans l'alimentation.

On peut reconstituer comme suit les régimes hydrologiques qui se sont succédé dans le Bassin parisien. Au Tertiaire, la flore indique un climat assez chaud et par suite un régime pluvial tropical ou pluvial tiède, probablement avec crues d'août à décembre. Au Quaternaire, lors des phases non glaciaires, régimes pluvial tiède ou pluvial frais, crues de décembre à février. Lors des phases glaciaires, au contraire, présence d'un tjæle, régime probablement nival analogue (avec des différences dues à la latitude) à celui de l'Alaska, crues très tardives (mai à juillet ?); la grossièreté des alluvions anciennes implique un très fort débit; d'autres faits, selon Guillien et Tricart, indiqueraient au contraire des débits très faibles; loin d'être contradictoires, de telles différences, si elles se confirment, marqueraient, à mon sens, la différenciation des climats périglaciaires suivant les époques, les saisons et les lieux.

L'absence de ruissellement sur les versants forestiers n'est pas particulière aux environs de Dourdan; elle s'étend à toutes les plaines atlantiques françaises, là où le sol est perméable. Elle oblige à émettre les plus expresses réserves sur le rôle géologique habituellement attribué au ruissellement dans ces régions. Les traits si particuliers de la morphologie et de la lithologie quaternaires — dépôts de pente, chaos de blocs, dissymétrie des versants de vallée, vallons secs, etc. — sont inexplicables dans les conditions naturelles actuelles. Ils s'expliquent au contraire fort bien par l'effet du climat périglaciaire quaternaire : dénudation, gel fracturant les roches ; au dégel, coulées de solifluxion ; très forts débits fluviatiles. Et le creusement des vallées aujourd'hui sèches s'est effectué pour sa plus grande partie lorsqu'un sol perpétuellement gelé conférait aux pays calcaires et sableux une imperméabilité aussi rigoureuse que celle des terrains les plus argileux. Les récents travaux de Bigot, Breuil, Chaput, Dangeard, Guillien, Mathieu, Milon et Tricart concordent sur ces divers points avec les miens.

Sous climat tempéré, l'érosion et la sédimentation mécaniques sont à l'état

de nature, incomparablement plus lentes que sous climat périglaciaire. Par comparaison avec ce que m'a montré la forêt vierge de Białowieża en Pologne, elles paraissent surtout imputables, sur les versants, à des causes accessoires, comme le creusement des terriers d'animaux fouisseurs et le renversement si fréquent des arbres.

L'influence favorable de l'imperméabilité sur l'écoulement et par suite sur le déblaiement contribue à expliquer certains traits du relief des plaines atlantiques françaises. Si les pays argileux sont souvent déprimés par rapport aux pays calcaires voisins, ce n'est peut-être pas, contrairement à ce qu'on a pensé parfois, parce qu'ils sont plus tendres, mais bien parce qu'étant plus imperméables ils sont le siège d'un écoulement et d'une érosion plus intenses. C'est en partie pour la même raison que les massifs anciens granito-gneissiques sont disséqués en croupes molles, tandis que leur couverture sédimentaire mésozoïque, plus perméable dans l'ensemble, est demeurée tabulaire. Le mécanisme de l'épigénie peut ainsi être précisé. Imaginons en effet des terrains sédimentaires perméables reposant, par l'un de leurs côtés seulement, sur un massif ancien. De deux rivières égales, celle qui coule au-dessus du massif ancien imperméable et, plus tard, à son contact, coule plus et érode plus que celle qui demeure en terrain sédimentaire perméable; elle a, par suite, plus de chances de persister et d'accroître son réseau, moins de risques d'être captée ou de se perdre. Ainsi s'expliquerait, pour une part, la fréquence relative des cas d'épigénie.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur la structure de la Bekaa (Liban).* Note de M. **Etienne de Vaumas**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

D'après le schéma classique acrédité par Ed. Suess, la Bekaa est un maillon du fossé syrien, prolongement des grands effondrements de la Mer Rouge et de l'Afrique orientale. Si cette vue grandiose demeure exacte dans sa majeure partie, il semble qu'elle soit à réviser pour ce qui concerne la partie septentrionale de la Syrie, et notamment pour la Bekaa.

Notons d'abord que les failles dont on peut ici faire état mettent rarement en contact des étages géologiques différents et ne peuvent être prouvées que par les pendages et les accidents morphologiques.

Il faut encore remarquer que la dépression de la Bekaa s'élargit du Sud au Nord par suite de la divergence des axes longitudinaux des montagnes encadrantes. Si sa bordure est rectiligne du coté de l'Antiliban, elle est rendue sinueuse du côté du Liban par deux avancées de la montagne en demi-dôme, correspondant aux culminations du Makmel et du Sannin. Le seuil de Baalbeck, séparant les bassins de l'Oronte et du Litani, se trouve, de manière inattendue, entre ces deux avancées.

En réalité la Bekaa est un berceau synclinal (pli de fond ou pli à grand

rayon de courbure selon Argand), qui doit intéresser le socle lui-même. Les calcaires cénomaniens y sont recouverts par le Crétacé supérieur, le Tertiaire et le Quaternaire [1] : mais on les voit affleurer entre le débouché sur la plaine de Homs (600^m) et le seuil de Baalbeck (1016^m), tandis qu'ils se relèvent dans l'Antiliban jusqu'au signal de Halimé (2464^m) et dans le Liban jusqu'à la crête des Avants-Monts [2] (1300 à 2300^m).

Entre le seuil de Baalbeck (850^m), terminaison méridionale de la Bekaa et le Djebel Rharbî (1300^m), qui obture la dépression, le Cénomanien, puis le Jurassique se relèvent encore à l'Est, pour atteindre 1885^m aux Aiguilles Blanches, et à l'Ouest jusqu'à 2195^m dans les Avant-Monts Libanais au-dessous du Sannin.

Plus au Sud, le contact de la plaine avec la montagne est sans doute souligné par une faille, mais on constate encore en de nombreux points de part et d'autre de cet accident le relèvement des couches vers l'Ouest.

Il ressort des chiffres précédents que la dénivellation topographique de la Bekaa s'explique essentiellement par la courbure synclinale des strates. Rien ne concrétise mieux celle-ci que les deux *crets* opposés de calcaire nummulitique, l'un dont on peut suivre le front tourné vers l'Est, tout le long de l'Antiliban sur 140^{km}, l'autre dont le front tourné vers l'Ouest apparaît au-dessous du Sannin.

Les failles de l'Antiliban ne peuvent être invoquées contre cette conclusion. Il n'y en a pas trace sur 70^{km}, de la plaine de Homs à Baalbeck. La faille qui commence au sud de ce point recoupe obliquement le massif, passant du versant occidental de l'Antiliban au versant sud-oriental de l'Hermon. Au nord de Serrhaya, son regard fait face à la Bekaa, mais son rejet doit être faible, car les couches subissent un coude brusque. Aux Aiguilles Blanches, son regard est tourné vers l'Est. Il en est de même dans l'Hermon pour la faille de Sebaa, faisant face au Sud-Est avec un rejet important.

Le Liban lui-même offre des fractures notables, mais qui ne sont pas plus favorables à l'interprétation de la dépression de la Bekaa comme fossé tectonique. Dans le Liban septentrional on rencontre un alignement d'accidents topographiques : Ouadi Oudine, cinq poljés (Merj Hine, Jbab el Homeur, Ouyoun Ourgousch, Yammouné, Ez Zainié), vallées opposées bordant le Sannin. Cet alignement se prolonge par le contact rectiligne de l'anticlinal du Djebel Barouk avec la plaine alluviale de la Bekaa. Mais le regard est tourné vers l'Ouest, avec rejet notable au Djebel Akroun, extrémité septentrionale des Avants-Monts.

Il en est de même au droit de la culmination du Sannin, où les couches de

(1) Nous suivons pour la stratigraphie les travaux de Zumhofen, Dubertret et H. Vautrin.

(2) Nous appelons Avant-Monts Libanais les reliefs, pouvant atteindre 6^{km} de large, compris entre la Bekaa et la grande fracture dont il sera parlé plus loin.

l'Aptien apparaissent à l'est de la faille, tandis que c'est le Cénomanien plus récent qui se montre du côté du Liban ([3]). Sur le reste du tracé de la faille, l'orientation du regard ne peut être reconnue, mais le rejet semble à peu près nul; le raccordement des sommets subhorizontaux et des Avants-Monts libanais s'explique suffisamment par le brusque pli en genou qui suit la bordure orientale de ces hauts plateaux. Cette charnière, que l'érosion a quelques fois détruite, demeure encore parfaitement observable en de nombreux endroits.

Ainsi en aucun point, semble-t-il, on ne peut faire la preuve d'un regard de faille tourné vers la Bekaa.

Conclusion. — La Bekaa est une dépression topographique due à un synclinal de fond et non à un fossé tectonique encadré de failles. Les plis en genou très brusques, qui ne sont pas de flexures avec étirement des couches, y jouent un rôle important.

Du côté de l'Antiliban, les failles n'existent pas dans sa partie nord; dans sa partie sud, elles appartiennent à la structure de ce massif. Bien loin que la Bekaa soit abaissée par rapport aux sommets de la chaîne orientale, c'est le contraire qui se produit.

Du côté du Liban, on ne peut reconnaître qu'une fracture unique, suivant l'axe du massif, à la différence de ce qui se passe de l'autre côté. Son regard, quand on peut l'observer, fait face à l'Ouest. Son rejet, incalculable de manière précise, est ordinairement très faible et n'intervient que très peu dans la dénivellation de la dépression de la Bekaa.

PHYSIQUE ATMOSPHÉRIQUE. — *Sur le balayage électrique des brouillards.* Note de M. **Marcel Pauthenier**, présentée par M. Aimé Cotton.

Est-il possible de précipiter électriquement un brouillard en y laissant tomber de fines particules électrisées ? Cette question nous a été posée récemment. On peut voir par un calcul préliminaire si elle admet une solution, et dans quelles conditions.

1° *Charge électrique préalable des particules.* — Le moyen le plus efficace pour charger des particules avant de les disperser dans le brouillard consiste ([1]) à leur faire traverser un champ électrique ionisé E_0 : une particule sphérique de rayon R, de pouvoir inducteur spécifique ε_0, y acquiert rapidement ([1]) une charge limite

$$q_0 = p E_0 R^2,$$

où $p = 1 + 2(\varepsilon_0 - 1)/(\varepsilon_0 + 2)$.

([3]) Carte géologique à 1/50000, feuille Zahlé par L. Dubertret.

([1]) Pauthenier et Mme Moreau-Hanot, *Journ. de Phys.*, 3, 1932, p. 590.

Si la particule est conductrice, $p = 3$; si elle est constituée par exemple par un grain de silice, $\varepsilon_0 = 4$ et $p = 2$.

De toute façon il est aisé de réaliser des champs E_0 tels que le champ superficiel de la particule soit aussi voisin que l'on voudra de la valeur pour laquelle il y aurait décharge dans l'air : la charge maximum est alors atteinte.

2° *Section de balayage d'une particule chargée tombant dans un brouillard.* — Un brouillard contient relativement peu d'eau liquide (par exemple 2^g par m^3). Autour de la particule chargée A, qui tombe dans le champ de la pesanteur, existe un champ radial $E = q_0/x^2$ u. e. s. c. g. s. à la distance x de son centre. Une gouttelette d'eau B de pouvoir inducteur spécifique ε, de rayon r, est soumise de la part de A à une force attractive f dont l'expression classique est

$$f = \left(\frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon + 2}\right) r^3 E \frac{\partial E}{\partial x}.$$

En raison de la valeur élevée de ε pour l'eau pure, la parenthèse peut être remplacée par l'unité. Pour évaluer simplement l'efficacité du balayage électrique, nous admettrons que l'eau d'une particule B se fixe sur A lorsque la distance ρ qui sépare les centres de A et B peut être parcourue pendant que A tombe d'un diamètre. Pour plusieurs raisons évidentes, la valeur ainsi calculée pour ρ est trop faible quand ρ est petit; mais le calcul n'a d'intérêt que si ρ^2 est grand devant R^2. Le résultat est indépendant de la viscosité de l'air et dépend de la masse spécifique μ des particules A

$$\rho^2 = \left(\frac{18 p^2 E_0^2 r^2}{\pi \mu g}\right)^{\frac{1}{3}} R.$$

Pour le balayage en chute verticale, le *gain* dû à l'électrisation des particules A est donc caractérisé par la fonction

$$y = \frac{\pi \rho^2}{\pi R^2} = \left(\frac{18 p^2 E_0^2 r^2}{\pi \mu g}\right)^{\frac{1}{3}} \frac{1}{R}, \quad (1)$$

valable pour $y \gg 1$. Le rôle des divers termes se trouve mis clairement en évidence.

Exemple numérique. — $E_0 = 30$ u. e. s. c. g. s., $r = 10$ microns, $p = 2$, $\mu = 5/2$, $R = 20$ microns. On trouve $y = 22$: le balayage vertical devient alors environ vingt fois meilleur quand la particule tombante est électrisée que quand elle est neutre. La question posée n'est donc pas déraisonnable; mais le gain n'est pas tel que l'on ne doive serrer de près les difficultés.

Remarque. — Pendant la chute, le rayon des particules A croît; on peut en tenir compte, ce qui complique l'expression (1). Mais dans les cas usuels y ne décroît que lentement avec la cote de A.

3° *Masses de matière divisée mises en jeu.* — Supposons d'abord pour fixer les idées les particules tombant à l'état neutre et que l'on veuille une section totale de balayage S' égale à l'aire brumeuse S à nettoyer.

Le nombre des particules neutres à utiliser est $S'/\pi R^2$ et leur masse $4/3\,\mu S'R \simeq 660$ kg à l'hectare dans l'exemple numérique précédent.

En électrisant les particules, la masse divisée à répandre tombe à la valeur $m_1 = 30$ kg à l'hectare. Il résulte d'un calcul de M. Halphen que la proportion de brouillard abattu est sensiblement

$$\lambda_1 = 1 - e^{-1} \text{ voisine de } \frac{2}{3}$$

en une seule opération avec la masse m_1 choisie. L'expression générale de λ est $1 - e^{-S'/S}$.

4° *Conclusions.* — Il va de soi qu'un avion électriquement isolé du sol ne saurait répandre dans l'espace des porteurs de charge d'un seul signe, parce qu'on ne pourrait, sans libérer des ions rapides, maintenir l'avion lui-même à l'état neutre.

Certains dangers électrostatiques doivent aussi être considérés. Leurs circonstances sont d'ailleurs calculables.

Plusieurs méthodes permettent cependant de tourner les difficultés. Il convient de s'assurer (²) que les porteurs de charge ne sont pas nuisibles aux êtres vivants.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *La constitution anatomique du bois secondaire homogène des Ipécacuanhas.* Note (¹) de M. **Robert Lemesle.**

Les traités classiques distinguent les Ipécas à bois homogène et à bois hétérogène; chez les premiers, ils mentionnent la présence de fibres et de trachéides, mais ils n'en précisent pas la nature. De plus, cette homogénéité du bois de la racine se retrouve-t-elle dans la tige?

Uragoga granatensis Baillon. — Le cylindre ligneux de la racine, vu en coupe transversale, est divisé en nombreux secteurs par des rayons médullaires 1 ou 2-sériés, à cellules plus ou moins allongées radialement. L'examen de coupes longitudinales permet de constater que ces secteurs renferment :

1° Des éléments sclérifiés à extrémités le plus souvent effilées, de 80 à 175^μ. Leurs parois sont pourvues, sur toutes leurs faces, de 2 à 3 rangées de ponctuations aréolées circulaires ou elliptiques, dont les ouvertures, légèrement étirées, n'atteignent pas le pourtour de l'aréole. Ces éléments qui présentent l'aspect morphologique de trachéides, sont munis de perforations simples, circulaires ou ovoïdes, situées d'ordinaire au voisinage des extrémités. Leur superposition leur permet de jouer le rôle de véritables vaisseaux ouverts.

2° De véritables trachéides organisées comme les précédentes, mais dépourvues de perforations.

3° Des fibres-trachéides de 250 à 350^μ; leurs aréoles sont plus petites (2^μ), plus espacées,

(²) M. Pauthenier, G. Truffaut, M. Dubois et P. Hampe, *Comptes rendus*, **219**, 1944, pp. 613-614.

(¹) Séance du 6 janvier 1947.

dépassées par les fentes obliques et croisées en X; leur cavité est souvent divisée par de minces septa, de nature pecto-cellulosique.

4° Des files de cellules de parenchyme sclérifié.

(Ces racines sont connues sous le nom d'Ipéca annelé majeur.)

Le bois secondaire de la tige aérienne renferme les mêmes éléments; mais examiné en coupe transversale, il présente une certaine hétérogénéité : Les fibres-trachéides, dont le diamètre total ne dépasse guère 15 μ, se distinguent des trachéides, perforées ou non, dont le calibre varie de 18 à 42 μ.

Cephælis Ipecacuanha A. Rich. — Les constituants du cylindre ligneux de la racine (Ipéca annelé mineur) et de la tige sont les mêmes que chez la plante précédente; mais ici, l'homogénéité du bois secondaire, vu transversalement, se retrouve dans les deux organes.

Psychotria emetica Mutis. — L'Ipéca strié majeur se compose aussi souvent de rhizomes que de racines de cette espèce. Le cylindre ligneux de la racine est divisé, par des rayons médullaires peu distincts en coupe transversale, en nombreux secteurs où l'on voit les mêmes éléments que chez les Ipécas annelés. Le xylème du rhizome se fait remarquer, même en coupe transversale, par une hétérogénéité accentuée. De larges zones tangentielles de grandes cellules parenchymateuses à paroi sclérifiée viennent alterner avec les anneaux de formations fibro-vasculaires. Ces derniers, coupés parfois aussi par des bandes radiales de semblable parenchyme, présentent ici encore la même organisation; cependant les parois des fibres-trachéides se montrent, ici, beaucoup plus épaisses que celles des éléments conducteurs; de plus, le diamètre des cavités ne dépasse pas 6 μ chez les premières, tandis qu'il varie de 15 à 25 μ chez les seconds. Le bois secondaire de la tige aérienne ne diffère de celui du rhizome que par l'absence totale de zones tangentielles et radiales de parenchyme sclérifié.

Chez ces trois plantes, nous remarquons l'absence de véritables vaisseaux parfaits; le rôle conducteur est rempli principalement par des files de longues trachéides fusiformes pourvues non seulement de ponctuations aréolées, mais encore de perforations simples. Nous désignons ces éléments sous le terme de « fibres aréolées conductrices ». Leurs ponctuations aréolées, ainsi que celles des véritables trachéides non perforées de ces mêmes ipécas, sont beaucoup plus nombreuses et plus petites que celles des trachéides des Schizandracées et des Illiciacées.

Nous retrouvons ainsi, dans le cylindre ligneux de ces trois Rubiacées, la coexistence de « fibres aréolées conductrices », de trachéides, de fibres-trachéides et de files de cellules de parenchyme sclérifié. L'homogénéité du bois des racines n'est qu'apparente; elle diffère sensiblement de l' « homoxylie » des Drimytacées, Trochodendracées et Tétracentracées, caractérisée par la présence exclusive de trachéides à ponctuations aréolées de type tantôt cycadéen, tantôt scalariforme. Quant au xylème des tiges aériennes, vu transversalement, il paraît encore homogène chez le *Cephælis Ipecacuanha*, mais, chez les deux autres, il se montre déjà hétérogène en raison de la différence de calibre des éléments conducteurs et des fibres-trachéides. L'hétérogénéité est encore plus accentuée dans le rhizome du *Psychotria emetica*.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *L'évolution des inclusions lipidiques du germe de Blé pendant le traitement de printanisation.* Note [1] de M. **Roger David**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Nous allons décrire l'évolution de la forme et de la répartition des inclusions lipidiques des jeunes plantules de Blé Vilmorin 27 pendant le traitement à basse température [2] et [3] et la croissance des témoins [4]. Dans ce but, nous avons prélevé des plantules toutes les semaines pendant le traitement et nous les avons fixées comme précédemment [5] au liquide de Mèves. Pour les témoins, les fixations étaient effectuées tous les jours pendant quatre jours. C'est le troisième jour que les plantules avaient atteint une taille en général comparable à celle des sujets printanisés pendant cinq semaines. Sur des



Assise assimilatrice et parenchyme du cotylédon de deux plantules se trouvant morphologiquement au même état de développement apparent. La répartition des inclusions lipidiques est profondément différente dans les deux cas.
A, sujet printanisé (5 semaines à + 2° C.); B, témoin (3 jours à 23° C.).

coupes passant par l'axe de l'embryon nous avons alors effectué les observations suivantes :

Assise assimilatrice. — Le nombre des gouttelettes ne changent guère pendant la germination des témoins tandis qu'il diminue progressivement pendant le traitement de printanisation.

Cotylédon. — 1° Témoins : l'huile, d'abord diffuse autour des grains d'aleurone (1er jour), apparaît sous forme de gouttelettes et de flaques (2e jour) dont la taille diminue ensuite légèrement (4e jour); 2° Sujets printanisés : la quantité d'huile, importante au début du traitement (8 jours : gouttelettes et petites flaques), diminue nettement dès la troisième semaine.

Coléoptile. — Seules, les cellules de la base du coléoptile des témoins contiennent (le premier jour) des inclusions lipidiques dispersées dans le cytoplasme ou localisées contre les cloisons transversales; mais, dès le deuxième jour, il n'y a plus de gouttelettes nettement perceptibles. Au contraire, toutes les cellules du coléoptile des sujets printanisés contiennent toujours de nombreuses granulations localisées contre les membranes transversales dès la première semaine de traitement.

---

(1) Séance du 23 décembre 1946.

(2) Eau, 37 %, 1 à 2 jours à 10° C. puis à 2° C. pendant cinq semaines.

(3) *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 628; **220**, 1945, p. 118.

(4) Germination à 23° C. environ.

(5) *C. R. Soc. biol.*, **139**, 1945, p. 299.

Coléorhize. — 1° Témoins : les cellules situées de part et d'autre de la tigelle contiennent quelques gouttelettes qui disparaissent dès le 2e jour de germination ; 2° Sujets printanisés : les gouttelettes persistent pendant les quinze premiers jours de traitement.

Tigelle. — 1° Témoins : le nombre des inclusions diminue progressivement ; 2° Sujets printanisés : l'huile persiste pendant tout le traitement. *Sommet de la tigelle.* — 1° les gouttes et gouttelettes demeurent pendant toute la durée de l'expérience, et ce n'est que le 4e jour que leur nombre et leur taille diminuent légèrement ; 2° Sujets printanisés : les inclusions sont toujours visibles mais la taille des gouttelettes diminue nettement dès le 15e jour de traitement.

Méristème de la gemmule. — Le nombre et la taille des inclusions diminue peu chez les témoins. Chez les sujets printanisés, la taille des gouttes et le nombre des gouttelettes diminuent dès la 3e semaine de traitement.

Ébauches foliaires enveloppant le méristème. — 1° Témoins : les nombreuses gouttelettes disparaissent dès le 2e jour, sauf à l'extrémité de l'ébauche foliaire la plus voisine du méristème ; 2° Sujets printanisés : les inclusions huileuses, localisées surtout contre les cloisons transversales, persistent pendant les trois premières semaines de traitement, puis disparaissent ensuite progressivement.

Racines séminales. — 1° Témoins : le 1er jour, nombreuses gouttelettes disséminées dans le cytoplasme ou localisées au niveau des cloisons transversales, mais disparaissant dès le 2e jour ; 2° Sujets printanisés : gouttelettes assez nombreuses après une semaine de traitement, se disposant, au bout de 15 jours, contre les membranes transversales, puis disparaissant.

En résumé, tandis que chez les témoins, l'assise assimilatrice, le cotylédon, le sommet de la tigelle, le méristème de la gemmule sont toujours riches en huile, ces mêmes organes présentent, chez les sujets printanisés, des inclusions dont le nombre et la taille diminuent progressivement au cours du traitement. D'autre part, les inclusions lipidiques du coléoptile disparaissent rapidement chez les témoins, tandis qu'elles persistent toujours chez les sujets traités à basse température. Les autres régions de la plantule : ébauches foliaires, tigelle, coléorhize, racines séminales ont une évolution à peu près parallèle dans les deux cas.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les échanges gazeux des feuilles adultes maintenues à l'obscurité.* Note [1] de M. **Alexis Moyse**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Après N. T. Deleano, H. Godwin et L. R. Bishop et surtout E. W. Yemm, il nous a paru intéressant de comparer les échanges gazeux à l'obscurité des feuilles de diverses espèces dont les caractères physiologiques et la constitution chimique diffèrent notablement. Furent étudiés successivement, au cours de l'été et de l'automne 1946, les échanges gazeux de limbes, isolés et placés à l'obscurité, de *Triticum vulgare* Vill. (Blé Fylgia Vilmorin) Sarrasin, *Polygonum Fagopyrum* L., Haricot d'Espagne, *Phaseolus multiflorus* Willd. et

---

(1) Séance du 23 décembre 1946.

d'Oseille, *Rumex Acetosa* L. Dans chaque cas, une série de feuilles, aussi identiques que possible, a été cueillie dans la même matinée. Les feuilles lavées ont été placées dans une chambre obscure de température et degré hygrométrique constants. Maintenues verticales, elles plongeaient par leur base dans une solution Knop. L'étude des échanges gazeux a débuté 6 heures après. Trois lots de quelques limbes, nettoyés et pesés, furent placés simultanément dans des flacons clos, de volume connu. En fin de séjour, la teneur en CO_2 de l'atmosphère ainsi confinée était comprise en moyenne entre 1 et 3 %. L'extraction et l'analyse des gaz furent effectuées à l'aide des techniques mises au point par L. Plantefol et sous sa direction. Après extraction des gaz, les limbes furent mis à l'étuve pour détermination du poids sec. Les opérations furent poursuivies de 48 en 48 heures jusqu'après la mort. Simultanément d'autres limbes furent fixés en vue de recherches ultérieures sur les variations des glucides, lipides, protides et éventuellement des acides organiques. En même temps, les variations du poids frais sur témoins, l'absorption des ions NO_3^- et l'émission de NH_3 furent suivies. L'état biologique du matériel fut contrôlé au rouge neutre et les feuilles en mauvais état ou contaminées par des Champignons ou des Bactéries éliminées. L'étude des échanges gazeux de limbes tués dans des conditions déterminées a été reprise par ailleurs.

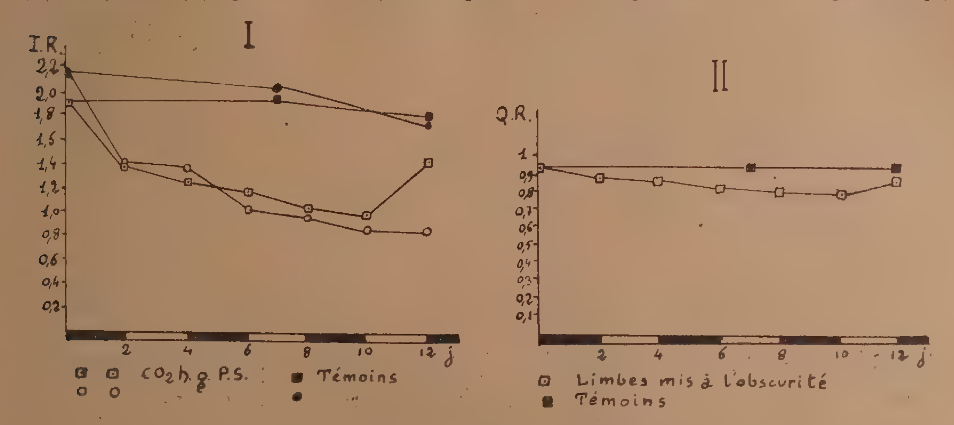
1. *Feuilles de Haricot d'Espagne* (cueillies sur pieds âgés de 68 j.).

Dates.	P. F. (10 limbes) en g.	T°.	θ°.	N de NO_3^- disparu en mg.	N de NH_3 apparu en mg.
2 sept.	8,033	18	80	–	–
4 »	8,872	18	78	0,49	0
6 »	8,650	18	80	0,42	0
8 »	8,210	18	82	0,44	0,09
10 »	7,740	18	83	0,40	0,19
12 »	6,980	18	84	0,34	0,20
14 »	5,727	18	83	0,44	0,20
16 »	5,224	18	83	1,62	1,96

Le jaunissement des limbes commença le 8; il était complet le 13. Le 16, les limbes étaient morts. L'émission de NH_3 est pratiquement négligeable tant qu'ils sont en vie.

Le graphique I indique les variations de l'intensité respiratoire (I. R.) (chaque point correspond à 3 déterminations simultanées). L'I. R., élevé d'abord (1,89 cm^3/h. et g-sec), diminue rapidement, atteint son minimum (1,12) après 10 j., puis croît (1,48 après 12 j.). L'I. R. de témoins prélevés sur pieds laissés dehors, dans les conditions naturelles, montre peu de variations. Les résultats exprimés pour 10 limbes, compte tenu des variations du P. F., conduisent aux mêmes observations. La forte déshydratation en fin d'expérience masque toutefois l'augmentation de l'I. R. Comme il est figuré

sur le graphique II, le quotient respiratoire Q. R., 0,93 au début, diminue (0,80 après 6 j.), présente un palier, puis s'élève légèrement (0,82 après 12 j.).



2. Les limbes d'Oseille étudiés dans les mêmes conditions (durée 9 j.) se comportent un peu différemment. L'I.R., moins élevée au départ (0,76), croît d'abord lentement (0,83 après 4 j.), puis rapidement (>2 après 8 j.) Le Q.R., de 0,94 au début, diminue un peu (0,9 après 4 j.), puis s'élève (> 1 après 8 j.).

3. Pour les limbes de Blé (feuilles 5 et 6 de pieds âgés de 65 j., durée 10 j.), l'I.R. croît d'abord de 0,88 à 0, 92 (après 4 j.), puis diminue (0, 69 après 8 j.), enfin croît (1,01 après 10 j.). Le Q.R., 0,9 au début, diminue (0,80 après 2 j.), présente un palier, puis croît après 6 j. pour atteindre 0,98 après 8 j.

4. Les limbes de Sarrasin (cueillis sur pieds agés de 86 j., durée 12 j.) présentent une chute d'I.R., au début (de 1,11 à 0,45 après 6 j.), puis un net accroissement (0,51 après 8 j.). Le Q.R., 1,1 au début, diminue (0,85 après 6 j.), puis croît (0,99 après 10 j.). Les différences des I.R. au début, pour les limbes des diverses espèces, tiennent selon moi aux différences de « masses actives » pour lesquelles la teneur en N protéique donnera une première approximation et aux différences dans les taux de glucides. Les chutes d'I.R. sont à mettre en relation avec les diminutions des taux de glucides, de même les chutes de Q.R. Par contre leurs accroissements, surtout sensibles en fin d'expérience, sont particulièrement nets pour les limbes riches en acides organiques (oxalique surtout) qui, à la faveur d'une désorganisation progressive du protoplasme, doivent être oxydés.

GÉNÉTIQUE VÉGÉTALE. — *Un type singulier de comportement héréditaire chez une Graminée* : Bromus macrantherus *Hack.*, *« mutation fugace » et « espèce statistique »*. Note (¹) de M. **Antoine de Cugnac**, présentée par M. René Souèges.

On sait qu'un certain nombre d'espèces du genre *Bromus* ne possèdent que deux étamines au lieu des trois qui se rencontrent uniformément chez presque

(1) Séance du 23 décembre 1946.

toutes les Graminées, ce qui, en raison de la constance du nombre staminal dans cette famille, constitue un caractère important de séparation entre ces espèces diandres et leurs congénères triandres. On peut ainsi opposer les deux espèces suivantes, parfois confondues sous le nom de *B. maximus* Desf. :

1° *B. rigidus* Roth, à deux étamines pourvues d'anthères très courtes (0,5-1^{mm}), à floraison cléistogame;

2° *B. macrantherus* Hack., à trois étamines à anthères très longues (6-7^{mm}), à floraison chasmogame ([2]).

Ces deux espèces annuelles se rencontrent souvent associées aux mêmes emplacements. C'est ainsi que je les retrouve régulièrement depuis 1933 à La Baule (Loire-Inférieure).

B. rigidus, toujours autogame par suite de sa cléistogamie, se présente comme une espèce pure; quant à *B. macrantherus*, sa stabilité est attestée par Hackel, qui termine ainsi sa description, basée sur des exemplaires recueillis au Portugal : « En culture, reste tout à fait constant » ([3]). Mais les essais de semis que je poursuis depuis plus de dix ans sur les échantillons provenant de mes récoltes à La Baule m'ont donné des résultats tout différents, exposés ci-dessous.

Pour assurer la détermination spécifique des grains destinés aux semis, je n'ai retenu, en ce qui concerne *B. macrantherus*, que ceux qui portaient encore, serrées entre les glumelles, les trois longues anthères caractéristiques de cette espèce; j'ai constaté de même, pour *B. rigidus*, la présence des deux petites anthères desséchées au sommet de chaque grain. Les récoltes, à La Baule, ont été renouvelées à diverses reprises depuis 1933, et les semis effectués, au cours de la même période, dans les conditions les plus variées : l'année de la récolte ou après conservation, semis d'automne ou de printemps, à Paris, à Antibes (Villa Thuret), dans les Ardennes, etc.

Or, dans tous les cas, les descendants obtenus dans ces essais se sont montrés uniformément conformes au type *rigidus* : diandre, micranthère et cléistogame, qu'il s'agisse du semis des grains de cette espèce ou de *B. macrantherus*, dont les caractères bien différents (triandrie, macranthérie) avaient toujours été soigneusement contrôlés au moment du semis. En seconde et troisième génération, on constate de même le maintien du type unique *rigidus*.

B. macrantherus ne paraît donc capable de se reproduire, au moins jusqu'en F_3 et pour ce qui concerne les échantillons originaires de La Baule, que sous la forme de *B. rigidus*, ce qui ne peut manquer de surprendre, étant donné d'une part que les deux espèces diffèrent par des caractères aussi opposés que 3 *étamines* et 2 *étamines*, et d'autre part il ne saurait être question d'une hybridation avec *B. rigidus* en raison de la cléistogamie complète de cette espèce, qui lui interdit toute fécondation allogame. De plus, dans l'hypothèse d'une

([2]) *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 1040; *Bull. Soc. bot. Fr.*, **78**, 1931, p. 327; **80**, 1933, p. 561; **83**, 1936, p. 658.

([3]) HACKEL in HENRIQUES, *Bol. Soc. Broter.*, **20**, 1903, p. 145.

hybridation mendélienne, la disjonction devrait faire reparaître, dans les générations successives, une certaine proportion d'échantillons des deux types, au lieu des descendances uniformes que l'on observe ici.

Cependant, à deux reprises différentes, des lots de mes cultures se sont montrés conformes au type *macrantherus*, mais ils sont apparus dans des conditions insuffisamment précisées, qui permettent seulement de conclure que le climat parisien ne forme pas obstacle à l'apparition des caractères de cette espèce. Mais les grains provenant de ces échantillons macranthères de nouvelle formation ont encore fourni, comme ceux de La Baule, uniquement des descendants *rigidus*.

On retiendra néanmoins de ces observations que si *B. macrantherus* disparaît à chaque génération, puisque sa descendance immédiate est toujours uniformément constituée de *rigidus*, il existe vraisemblablement, par contre, un processus inverse, faisant réapparaître parallèlement, dans d'autres lignées, de nouveaux exemplaires macranthères, sans lien d'hérédité directe avec les précédents. Une sorte de *compensation statistique* pourrait donc s'établir entre ces deux phénomènes, au sein des populations naturelles, et aurait pour effet d'assurer la présence constante de l'espèce, comme on l'observe dans la nature. Mais on voit combien ce mécanisme diffère de celui qui préside ordinairement à la stabilité des espèces, celle-ci tirant son origine de la similitude héréditaire des descendants avec leurs parents.

Il faudrait sans doute rapprocher aussi ces résultats de ceux que j'ai obtenus, d'autre part, dans la reconstitution expérimentale de *B. Gussonei* Parl. par le croisement de *B. sterilis* L. comme ♀ avec *B. macrantherus* comme ♂ [1]. On sait en effet que *B. Gussonei* est polymorphe (2-3-andre, cléistogame ou chasmogame), alors que les deux géniteurs sont triandres et chasmogames, ce qui semblerait contradictoire si *B. macrantherus* était fixe, mais s'accorde au contraire avec les observations précédentes, faisant ressortir la complexité héréditaire de cette espèce.

De toute façon, le comportement héréditaire de *B. macrantherus*, tel qu'il ressort de mes expériences sur les exemplaires qu'on en trouve à La Baule, paraît déborder les cadres usuels de la génétique et de la systématique classiques, et cette espèce se présente comme un cas singulier, dont l'étude complète nécessitera sans doute de nouvelles recherches. Mais il me paraît utile de souligner dès maintenant ses principales particularités par des termes nouveaux, tels que celui de *mutation fugace*, pour indiquer son apparition brusque suivie de sa disparition à partir de F_1; et celui d'*espèce statistique*, par opposition avec le cas normal des espèces héréditaires, pour rendre compte de son maintien dans la nature par compensation statistique entre disparitions et néoformations parallèles dans des lignées différentes.

---

(1) *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 115.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Sur la biréfringence magnétique du virus mosaïque du Tabac.* Note (1) de MM. **Pierre Manigault** et **Gabriel Segrétain**, présentée par M. Aimé Cotton.

Les propriétés optiques des préparations de virus mosaïque du tabac ont retenu l'attention des biologistes, soit qu'ils aient étudié des suspensions préparées directement à partir de la sève des plantes malades, ou des liquides contenant des agrégats cristallins obtenus à partir du virus. Ils ont signalé deux cas où les liquides étudiés ont manifesté une biréfringence très nette : une *biréfringence d'écoulement* observée notamment quand on les fait circuler dans un tube capillaire, et une *biréfringence électrique* qui apparaît sous l'action d'un champ électrique alternatif. Ces phénomènes ont mis hors de doute la présence dans les préparations de virus de particules de forme très allongée, et cette *anisométrie* a été confirmée par les observations au microscope électronique. Mais, comme Bawden l'a signalé à plusieurs reprises et même après les travaux récentes de Lauffer, on ne sait pas encore avec certitude si les particules sont *anisotropes*, c'est-à-dire si la substance qui les forme est par elle-même biréfringente. En effet, on pourrait avoir affaire à une biréfringence *de forme*, comme celle qu'on observe par exemple quand des particules isotropes, allongées, ont une orientation commune.

Nous nous sommes demandé si l'on ne pourrait pas aussi rendre biréfringente une préparation de virus mosaïque en la soumettant à l'action du champ magnétique. La biréfringence magnétique ne s'observe pas toujours dans les liquides qui présentent une biréfringence d'écoulement. Elle n'est pas non plus liée à l'existence de la biréfringence électrique. Elle dépend en effet d'une variation des propriétés magnétiques des substances avec la direction du champ, de leur *anisotropie magnétique* et non de leur *anisotropie électrique*. D'autre part, dans un champ magnétique bien uniforme, des substances diamagnétiques ne prennent aucune orientation privilégiée sensible, même si elles sont d'une forme allongée.

La préparation de virus mosaïque a été faite selon une méthode classique : Inoculation du virus sur *Nicotiana tabacum P* 19; feuilles prélevées un mois après l'inoculation, congelées et maintenues à — 15° C. jusqu'à extraction du jus de la feuille sans solvant par pressuration. Centrifugation (6000 t : m), addition d'une solution de phosphate disodique à 40g par litre en volume égal à la moitié du volume initial. Après centrifugation le précipité est rejeté et l'on ajoute une solution saturée de sulfate d'ammonium. Cette fois c'est le virus qui précipite et on le centrifuge. On le dissout enfin dans un volume d'eau distillée égal au cinquième du volume initial.

La recherche de la biréfringence a été faite avec les appareils employés au Laboratoire pour la mesure de la biréfringence magnétique des liquides purs :

---

(1) Séance du 23 décembre 1946.

on remplace la mesure de la biréfringence par la mesure d'un pouvoir rotatoire. On emploie un faisceau de lumière parallèle et monochromatique provenant d'un arc au mercure de préférence à haute pression. Il est polarisé de façon que les vibrations rectilignes produites sont inclinées à 45° sur l'horizontale. Ces vibrations pénètrent dans une cuve de 6^{cm} de longueur placée dans l'entrefer de l'électroaimant. Les lignes de force du champ sont perpendiculaire à la direction du flux lumineux. La lumière émergente, polarisée elliptiquement, traverse une lame quart d'onde pour la lumière employée dont une des lignes neutres est orientée comme la vibration sortant du polariseur. Les vibrations redevenues rectilignes ont tourné d'un angle β que l'on mesure avec un analyseur à pénombre.

Lorsque l'expérience est faite dans le grand Électroaimant de Bellevue, avec des champs qui ont varié de 25000 à 47000 Gauss, on observe nettement l'existence d'une biréfringence magnétique positive. Elle croît proportionnellement à la concentration en virus (*fig.* 1). En fonction du champ, on

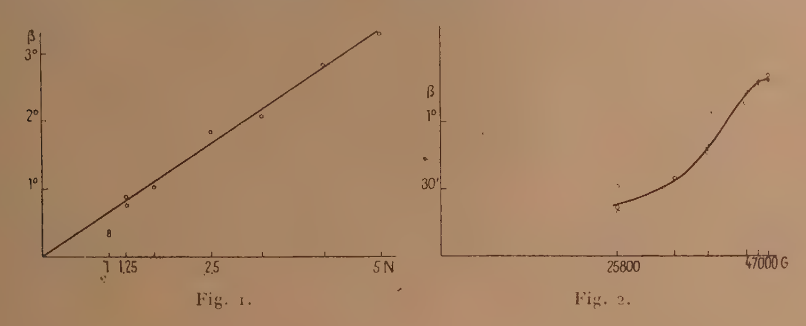


Fig. 1. Fig. 2.

observe (*fig.* 2) qu'elle augmente avec lui, mais paraît indiquer l'approche d'une saturation. Dans ces figures, les ordonnées représentent les angles lus β qui sont proportionnels aux biréfringences (une biréfringence d'une longueur d'onde serait mesurée par une rotation de 180°).

Si l'on compare ce résultat à ceux de Lauffer sur la biréfringence électrique, on voit que les biréfringences magnétiques que nous avons mesurées sont beaucoup plus petites, mais on peut les mesurer mieux. Des déterminations plus précises préciseront la forme du début de la courbe. On s'est assuré par une inoculation sur *Nicotiana glutinosa* que les préparations employées n'avaient rien perdu de leur virulence au cours de l'expérience.

Un essai a été fait avec une préparation de cristaux de Stanley : par addition d'une solution de sulfate d'ammonium à l'une des préparations ayant servi aux mesures précédentes, on obtient une suspension ayant l'aspect chatoyant caractéristique. Elle manifeste une biréfringence magnétique beaucoup plus forte que celle de la préparation de virus mosaïque dont on était parti.

ANATOMIE EXPÉRIMENTALE. — *Modifications histologiques provoquées par les bourgeons se développant sur des prismes de* Crambe maritima *L.* Note de M. **Guy Camus**, présentée par M. Joseph Magrou.

Nous avons décrit précédemment ([1]) l'action morphogène qu'exercent les bourgeons d'Endive sur les tissus sous-jacents. Cette action est caractérisée par une dédifférenciation des tissus suivie d'une redifférenciation de formations conductrices.

Il nous a paru intéressant d'étendre nos observations à d'autres espèces, notamment au *Crambe maritima* L. dont les tissus, comme ceux de l'Endive, sont capables de bourgeonner et possèdent une polarité nette. Le rhizome du Crambe comporte, de l'extérieur à l'intérieur, une couche de liber assez mince, une zone génératrice continue, du parenchyme vasculaire dans lequel rayonnent des files de vaisseaux de gros calibre, et enfin quelques assises de parenchyme médullaire. A la limite du parenchyme vasculaire et de la moelle, on distingue de curieux nodules cribro-vasculaires possédant une disposition anormale; chacun de ces nodules comporte en effet, de l'extérieur à l'intérieur, quelques vaisseaux de grande taille et une ébauche de zone génératrice entourant quelques cellules criblées à membranes très épaisses.

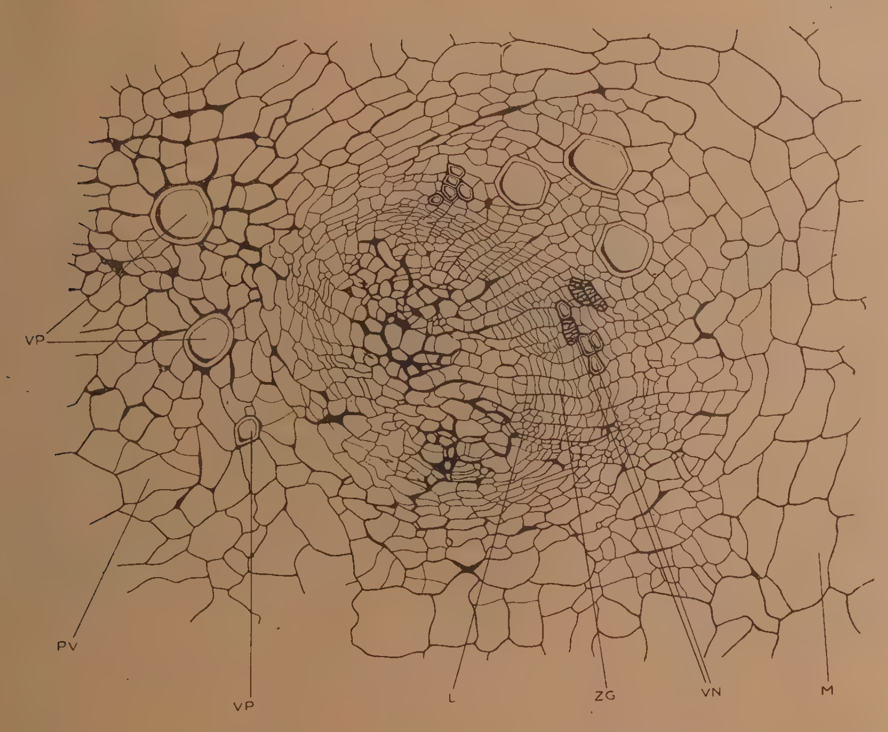
Nous avons cultivé des fragments de ces rhizomes longs de 2^{cm} environ, selon la technique de Gautheret, en plaçant hors du milieu, soit l'extrémité foliaire, soit l'extrémité radicale des explantats. La localisation, la vitesse de croissance des bourgeons et les modifications histologiques induites se sont révélées très différentes, selon que les ébauches foliaires étaient produites par l'une ou l'autre extrémité des prismes ensemencés.

Lorsque la face foliaire des prismes était placée en dehors du milieu, nous avons vu apparaître, cinq à six jours après la mise en culture, de très nombreux bourgeons sur l'emplacement de la zone génératrice, ainsi que dans la région située à la limite des parenchymes vasculaire et médullaire. L'examen de coupes anatomiques pratiquées à intervalles réguliers nous a montré que l'action inductrice des bourgeons produits par la zone génératrice se réduit à une prolifération locale de celle-ci, exactement en dessous des ébauches méristématiques. La région située à la limite du parenchyme vasculaire et de la moelle a été par contre le siège de phénomènes plus complexes; au cours de la culture, il est apparu au sein du tissu préexistant des plages dédifférenciées circulaires, présentant en leur centre quelques cellules à parois cellulosiques épaisses. Des ébauches de bourgeons se sont ensuite édifiées à partir de ces régions méristématiques néoformées ou à partir des formations cribro-vasculaires aberrantes préexistantes. Ces bourgeons ont agi sur les nodules dont ils

---

([1]) *Comptes rendus*, 219, 1944, pp. 34-36.

provenaient en provoquant la formation d'éléments cribro-vasculaires à leur périphérie. Nous avons constaté que cette différenciation induite ne se manifestait que dans le sens feuilles-racines et décroissait à partir du niveau de formation du bourgeon (*fig.*).



Plage dédifférenciée modifiée par l'action histogène d'un bourgeon.
M, parenchyme médullaire; P. V., parenchyme vasculaire; V. P., vaisseaux préexistants; V. N., vaisseaux néoformés sous l'action d'un bourgeon; Z. G., zone génératrice; L, liber.

Lorsque l'extrémité radicale des prismes était placée en dehors du milieu, nous avons observé des phénomènes différents. Celle-ci produisait un cal volumineux dans lequel se sont différenciées des ébauches de bourgeons, localisées au voisinage de la zone génératrice de l'explantat. L'étude anatomique de ces fragments nous a donné les résultats suivants : le cal comporte une plage libéro-ligneuse, de structure très complexe, analogue à celle qui a déjà été signalée chez l'Endive. Les bourgeons se sont formés à partir des régions dédifférenciées de ce cal, mais en aucun cas nous n'avons pu mettre en évidence une action sur les tissus sous-jacents, c'est-à-dire orientée dans le sens racines-feuilles.

En résumé, nous avons observé chez le *Crambe maritima* L. une action morphogène des bourgeons sur les tissus sous-jacents, se traduisant par la formation d'éléments conducteurs aberrants au sein d'un tissu préalablement

dédifférencié. Cette action est polarisée et ne s'exerce que dans le sens feuilles-racines. Ces résultats sont comparables à ceux que nous avons obtenus lors de l'étude du bourgeonnement des tissus d'Endive cultivés *in vitro*.

PHYSIOLOGIE COMPARÉE. — *L'appendice vrai et le faux appendice du cæcum. Définition de l'appendice cæcal.* Note (¹) de M. **Frédéric Gluckmann**, présentée par M. Paul Portier.

L'appendice classique est un compromis entre l'appendice véritable et la totalité des diverticules plus ou moins effilés du cæcum.

Les auteurs sont, en effet, presque unanimes à considérer le cæcum, ses diverticules et l'appendice véritable comme un seul et même organe plus ou moins remanié dans sa conformation extérieure (cæcum *amplius totale*, cæcum *angustius totale* et cæcum *angustius distale* des auteurs allemands, ce dernier englobant aussi, sans distinction aucune, l'appendice).

En réalité, les critères morphologiques seuls sont insuffisants pour caractériser l'appendice et le différencier du cæcum, qui peut affecter dans la série des Vertébrés, et particulièrement chez les Mammifères, une conformation très diverse; il peut être volumineux ou réduit, arrondi ou conique, pointu ou recourbé en crochet, effilé ou terminé en diverticule (*fig.* 1-10).

Cependant, malgré sa grande diversité de formes, le cæcum garde toujours la même signification fonctionnelle d'un réservoir alimentaire ayant un rôle digestif complémentaire et où les aliments subissent une stagnation.

La différence entre l'appendice vrai et les diverticules effilés du cæcum consiste donc précisément dans la *perméabilité* de ces derniers, et dans leur *accessibilité* pour les matières alimentaires.

Un exemple typique de diverticule cæcal est le prétendu appendice du Lapin, qui, malgré sa forme effilée, conserve tous les attributs du cæcum. En effet :

1° la portion proximale, large, du cæcum du Lapin, longue de plus d'un demi-mètre, et sa portion distale, diverticulaire (sorte de plaque de Peyer accessoire tubulaire), *communiquent largement* entre elles;

2° les aliments ont *libre accès* jusqu'à la pointe du diverticule (*fig.* 11); pendant les périodes de réplétion de ce dernier, la transition entre les deux portions est peu marquée; dans les intervalles de contraction et de vacuité du diverticule, il ressemble grossièrement à un appendice véritable;

3° de son produit de sécrétion, débité à raison de 1^{cm^3} par heure (Roger et Josné), on a isolé *des diastases actives* : une cellulase dans un extrait glycériné (Mac Gillawry) et une amylase (Funke);

(¹) Séance du 9 décembre 1946.

4° sa résection provoque *des troubles digestifs* (Portier), ainsi que sa régénération subséquente sous la forme d'une hyperplasie *folliculaire* massive (phénomène qui coïncide avec *l'amélioration* des troubles digestifs initiaux).

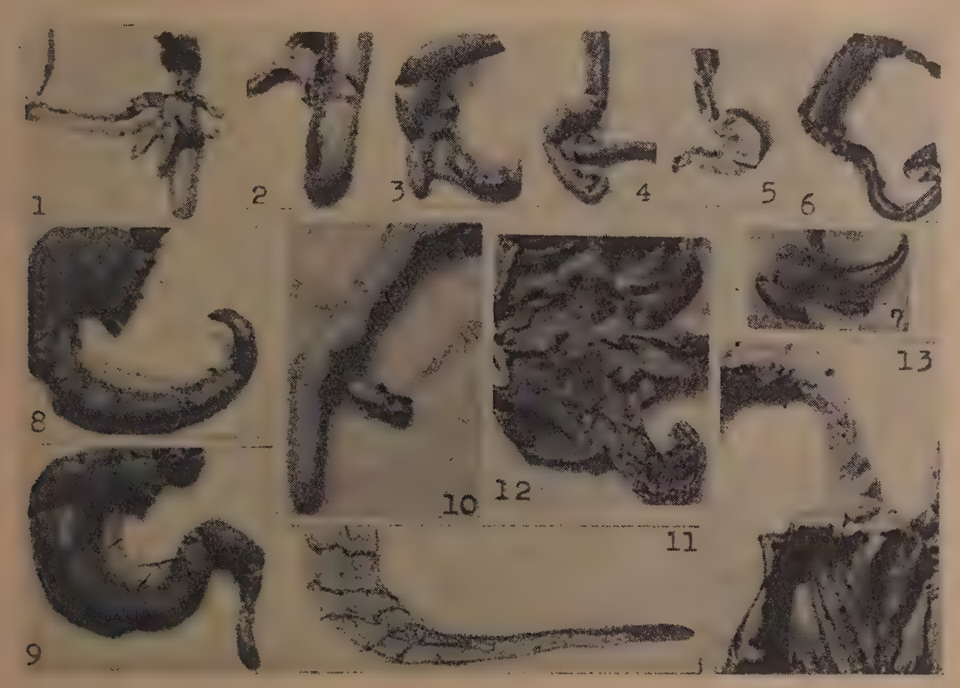


Fig. 1. Type de cæca effilés (triples, dits pyloriques) d'un Vertébré inférieur (*Perca fluviatilis*, Perche). — Fig. 2. Cæcum d'Antilope. — Fig. 3. Cæcum de Lion nouveau-né. — Fig. 4. Cæcum de Mangouste (*Herpestes ichneumon*). — Fig. 5. Cæcum de Chauve-souris (*Pteropus edulis*). — Fig. 6. Cæcum de *Menobranchus lateralis*. — Fig. 7. Cæcum de Tapir. — Fig. 8 et 9. Deux types de cæca diverticulisés de Primates inférieurs (*Lemur catta* et *Lemur macaco*). Pas de bandelettes; (environ 1/3 ×). — Fig. 10. Cæcum et côlon ascendant de Kangourou (*Macropus dorsalis*). Le cæco-côlon droit du Kangourou est très mobile autour d'un mésentère ample, *commun avec la masse intestinale*, inséré le long de la colonne vertébrale. — Fig. 11. Coupe longitudinale du faux appendice du Lapin. A gauche, extrémité inférieure de la portion proximale de son cæcum (avec sa vaste valvule muqueuse spiralée). La cavité du diverticule est très ample, perméable jusqu'à la pointe, et son embouchure *largement béante*; ses parois, très épaisses, sont constituées presque en totalité par des follicules agglomérés, (environ 1/3 ×). — Fig. 12. Coupe frontale du cæco-appendice du Gibbon (*Hylobates agilis*), jeune individu, 65cm de taille. Appendice très différencié; canal virtuel, parois à musculature prépondérante, valvulation muqueuse nette de l'orifice; (environ 3/4 ×). — Fig. 13, Aspect de la valvule de l'appendice du Chimpanzé (*Troglodytes niger*), vieux mâle. (Cette pièce, ainsi que celles des figures 1-10 et 12 ont été préparées au Laboratoire d'Anatomie comparée du Muséum d'Histoire Naturelle). Dans la figure 13, on distingue les deux paires de valves superposées qui forment la valvule appendiculaire; histologiquement, elle est constituée par un support musculaire et le revêtement muqueux. La fermeture de l'orifice est hermétique, la valvule jouant surtout passivement, à la manière d'une soupape; (environ 5/6 de la grandeur naturelle). Photographies d'après nature.

L'appendice vrai, par contre, présente des caractères et des réactions complètement opposés, qui le séparent fondamentalement des diverticules cæcaux :

1° l'appendice vrai n'admet qu'*accidentellement* des matières dans sa cavité;

2° les matières provoquent très souvent *des lésions* à sa muqueuse;

3° l'appendice vrai présente des mouvements *d'expulsion* en leur présence;

4° son orifice est pourvu *d'une valvule* (*fig.* 13 et 12), destinée à fermer leur accès.

L'appendice vrai ne peut être défini valablement que si l'on tient compte de trois notions morphologiques inséparables : 1° existence *de bandelettes musculaires*, qui lui fournissent une couche continue; 2° *fixité du côlon droit* ([2]), qui le fait solidaire des positions du corps; 3° *position verticale* du corps. Sa définition spécifique pourrait donc être énoncée de la manière suivante :

Organe neuromusculaire né de la différenciation excentrique du substratum de l'automatisme cæcal primitif hypertrophié ([3]), *chez des êtres présentant un côlon droit fixe pourvu de bandelettes musculaires, et ayant adopté une attitude bipède, qui a imprimé à ce segment de côlon une direction ascendante.*

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *La substance photochimique des cônes rétiniens et la théorie des sensations colorées.* Note de M. **Aron Polack**, présentée par M. Armand de Gramont.

Depuis 1876, époque où Boll a découvert le pourpre rétinien, logé dans l'article externe des bâtonnets, il était à présumer qu'une subtance photochimique analogue devait se trouver également dans les cônes. Les recherches entreprises dans cet esprit ont abouti en 1938 à un résultat positif; elles ont permis d'extraire une telle substance des rétines ne contenant que des cônes.

Wald l'a dénommée *Iodopsine*. Examinée en solution éthérée par Hossoya au spectroscope, elle a montré un maximum d'absorption dans le jaune, à l'endroit le plus lumineux du spectre, et deux maxima secondaires moins nets, l'un dans le rouge, l'autre dans le bleu.

Studnitz en a conclu que les trois maxima indiquaient les trois couleurs fondamentales de la théorie trichromatique et la confirmaient par conséquent. Cette conclusion ne saurait être acceptée; elle est contraire aux données expérimentales, aux faits d'optique physiologique. Les trois couleurs fondamentales de la théorie trichromatique sont, par définition, trois couleurs choisies dans le spectre, telles que leur mélange reconstitue la sensation de la lumière blanche. Avec les couleurs proposées par Th. Young ou celles adoptées par Clerc Maxwell, on obtient parfaitement ce résultat, tandis qu'avec le rouge, le jaune et le bleu de Studnitz, il est impossible de l'atteindre.

En effet, le jaune et le bleu étant des couleurs complémentaires, leur mélange peut donner la sensation de blanc, mais le rouge, en s'y ajoutant en tant que troisième fondamentale, la transforme complètement,

Une autre condition des trois fondamentales, laquelle n'est jamais entièrement satisfaite dans la pratique, est de reproduire les couleurs intermédiaires du

---

([2]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 1183.

([3]) *Ibid.*, **223**, 1946, p. 517.

spectre par des mélanges binaires ; or, il est facile de prévoir et de s'assurer, à l'aide d'un disque tournant ou d'un appareil spectral, que le mélange de jaune et de bleu peut, suivant le dosage, donner la sensation de blanc, de blanc jaunâtre ou de blanc bleuté, mais jamais celle de vert.

Voici d'ailleurs l'avis de Helmholtz à ce sujet ([1]).

« Il n'existe pas trois couleurs simples dont le mélange reproduise même passablement les couleurs intermédiaires du spectre; les couleurs spectrales paraissent toujours bien plus saturées que les couleurs composées. Le rouge, le jaune et le bleu sont précisément les moins propres à obtenir cet effet, car si l'on prend pour bleu une nuance se rapprochant de celle du ciel et ne tirant pas sur le vert, le mélange de ces deux couleurs ne permet jamais d'obtenir du vert; si l'on prend un jaune et un bleu verdâtres, on n'obtient qu'un vert très blanchâtre. On ne pouvait choisir ces trois couleurs qu'alors que l'on croyait qu'à l'exemple des matières colorées, le mélange de la lunière bleue avec la lumière jaune donnait du vert ».

Maxwell arrive expérimentalement aux mêmes résultats.

Dans ces conditions, il est impossible d'admettre comme fondamentales les trois couleurs, rouge, jaune et bleu, correspondant aux trois maxima d'absorption de la substance photochimique des cônes et de prétendre que la découverte de cette substance apporte une démonstration, une confirmation de la théorie trichromatique; bien au contraire, cette découverte permet de l'écarter définitivement. En effet, elle nous apprend qu'au sein même de la cellule nerveuse, dans le cône rétinien lui-même, se trouve une substance qui réagit différemment aux diverses radiations du spectre, et rien ne s'oppose à admettre que les principales de ces réactions soient transmises au cerveau et par leurs combinaisons déterminent nos diverses sensations colorées.

La théorie trichromatique ([2]), émise *sous toutes réserves* par Thomas Young en 1801 et restée jusqu'ici sans confirmation malgré les efforts et la notoriété de ses adeptes, sera ainsi remplacée par une théorie penta ou oligo-chromatique, laquelle se trouvera en accord complet avec les faits et subira avec plein succès toutes les épreuves, toutes les vérifications expérimentales.

Une étude avec un appareil spectral, dont le colorbox de Maxwell est le prototype, permettra de préciser davantage cette question et fera l'objet d'une Note ultérieure.

([1]) *Optique physiologique* (traduction française 1867), p. 380.

([2]) Helmholtz, à qui Studnitz attribue la théorie trichromatique, écrit : « La théorie des sensations colorées de Th. Young est restée inaperçue, comme tant d'autres choses que ce merveilleux chercheur a trouvées, en devançant son époque, jusqu'à ce que mes recherches et celles de Maxwell aient attiré l'attention sur cette théorie ». (*Optique physiologique*, 1867, p. 408.)

ENTOMOLOGIE BIOLOGIQUE. — *Essai d'alimentation artificielle du Doryphore adulte* (Leptinotarsa decemlineata *Say*). Note de M. **Pierre Grison**, présentée par M. Émile Roubaud.

Les résultats obtenus par Trouvelot ([1]) concernant les principes gustatifs contenus dans le feuillage de Pomme de terre, et nos constatations ([2]) sur la valeur qualitative, pour *L. decemlineata* (Col. Chrysomelidæ), de ce feuillage, prélevé à différents états physiologiques, nous ont amené à aborder l'essai d'alimentation artificielle de cet Insecte.

La technique actuellement utilisée par nous consiste à imbiber des rondelles de moelle de sureau, de $0^{mm},2$ d'épaisseur, d'une solution aqueuse à 20 % de glycérine, puis à les saupoudrer de substances passées au moins au tamis n°120. Celles-ci peuvent être soit de la poudre de feuille de Pomme de terre, obtenue par dessiccation à 100°, soit divers produits biochimiques. Les rondelles, souvent découpées en carrés de 1^{cm} de côté pour faciliter l'appréciation des surfaces consommées, sont placées verticalement dans la fente d'un morceau de pâte à modeler; un coton humide est mis à la disposition de l'Insecte pour permettre à celui-ci de s'abreuver.

Les essais ont été faits avec des adultes d'été, prélevés peu de jours après la mue imaginale; les insectes furent nourris jusqu'à l'enfouissement qui précède la diapause ([3]). Les témoins d'essais antérieurs ont consommé, en 10 jours, avant l'enfouissement, $4\,000^{mm^2}$ de feuillages frais, représentant approximativement 20^{mg} de matières sèches par jour.

Dans le témoin de l'expérience relatée ici, conduite en septembre 1946, quatre Insectes, recueillis dans la nature, environ deux ou trois jours après leur sortie de nymphose, ont consommé approximativement $6\,000^{mm^2}$ de feuillage de jeunes repousses de Pomme de terre. Huit jours après, deux d'entre eux entraient en diapause et les deux autres mouraient. Leur consommation quotidienne individuelle avait été de 9^{mg} en matière sèche (100^{mm^2} de feuillage).

Les résultats obtenus avec les divers aliments offerts sur la moelle de sureau sont les suivants :

1° *poudre de feuilles jeunes de Pomme de terre :* consommation quotidienne maximum d'un individu : 16^{mg} de matière sèche; 7 adultes, sur 13 mis en expérience, se sont enfouis pour la diapause;

2° *poudre de feuilles additionnée d'une goutte d'extrait attractif* de feuille, obtenu par *Chauvin* ([4]) : consommation indivuelle, 24^{mg}; 5 adultes sur 11 se sont enfouis;

3° *mélange semi-synthétique* composé de 10 parties de poudre de feuilles, 10 p. de fécule, 10 p. de glucose, 4 p. d'asparagine, 2 p. de cholestérol, 1,5 p. de

---

([1]) *Ann. des Épiph.*, **2**, I, 1936, p. 51.

([2]) *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 295.

([3]) L'enfouissement traduit l'achèvement de la phase imaginale de croissance.

([4]) *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 713.

leucine, 0,5 p. d'acide nucléique : consommation individuelle, 16^{mg}; 7 adultes sur 8 se sont enfouis.

4° *deuxième mélange semi-synthétique*, comprenant 1/2 de poudre de feuille, 1/5 de fécule, 1/5 de glucose et 1/10 d'asparagine : consommation individuelle, 22^{mg}; 6 adultes sur 8 se sont enfouis;

Les poids de matière sèche consommée indiqués ci-dessus correspondent à l'ingestion d'environ 100 à 200$^{mm^3}$ de moelle de sureau.

Les Insectes, placés en présence d'une rondelle témoin de moelle de sureau imbibée d'eau glycérinée, ont attaqué au maximum, par jour et par individu, 3 à 6$^{mm^3}$ de moelle; par contre, leur attaque s'est élevée à 25$^{mm^3}$ lorsqu'on ajoutait de l'extrait « attractif », ce qui confirme les conclusions de Chauvin; malgré une longue résistance au jeûne (jusqu'à 20 jours), aucun animal n'a survécu dans les deux cas. Il en fut de même avec une alimentation composée exclusivement de fécule, bien que l'attaque quotidienne maximum ait été de 40 à 60$^{mm^3}$, représentant environ 6^{mg} de produit, et de 90 à 100$^{mm^3}$, représentant 11^{mg}, lorsque la fécule est offerte avec une goutte d'extrait. Les résultats sont identiques si l'on rempace la fécule de Pomme de terre par l'amidon de Blé.

Il y a donc possibilité d'accroître quantitativement, par un régime semi-synthétique, la ration nutritive du Doryphore adulte. La concentration de ce régime en éléments « plastiques » apporte vraisemblablement une amélioration qualitative, puisque la proportion d'insectes capables de s'enfouir pour l'hibernation est accrue. Parmi ces substances, les glucides (glucose et saccharose) ont été les plus efficaces dans les essais préliminaires réalisés en 1945. Certes, il n'a pas été encore possible d'éliminer un volant de poudre de feuille de Pomme de terre, dans la constitution d'un régime alimentaire artificiel pour le Doryphore adulte, mais cette perspective n'est pas exclue dans un avenir prochain.

En conclusion, malgré les difficultés inhérentes au régime phyllophage de *L. decemlineata*, il est possible d'obtenir une meilleure survie et une consommation plus forte de l'imago, depuis l'apparition jusqu'à la diapause, en lui offrant une alimentation semi-synthétique.

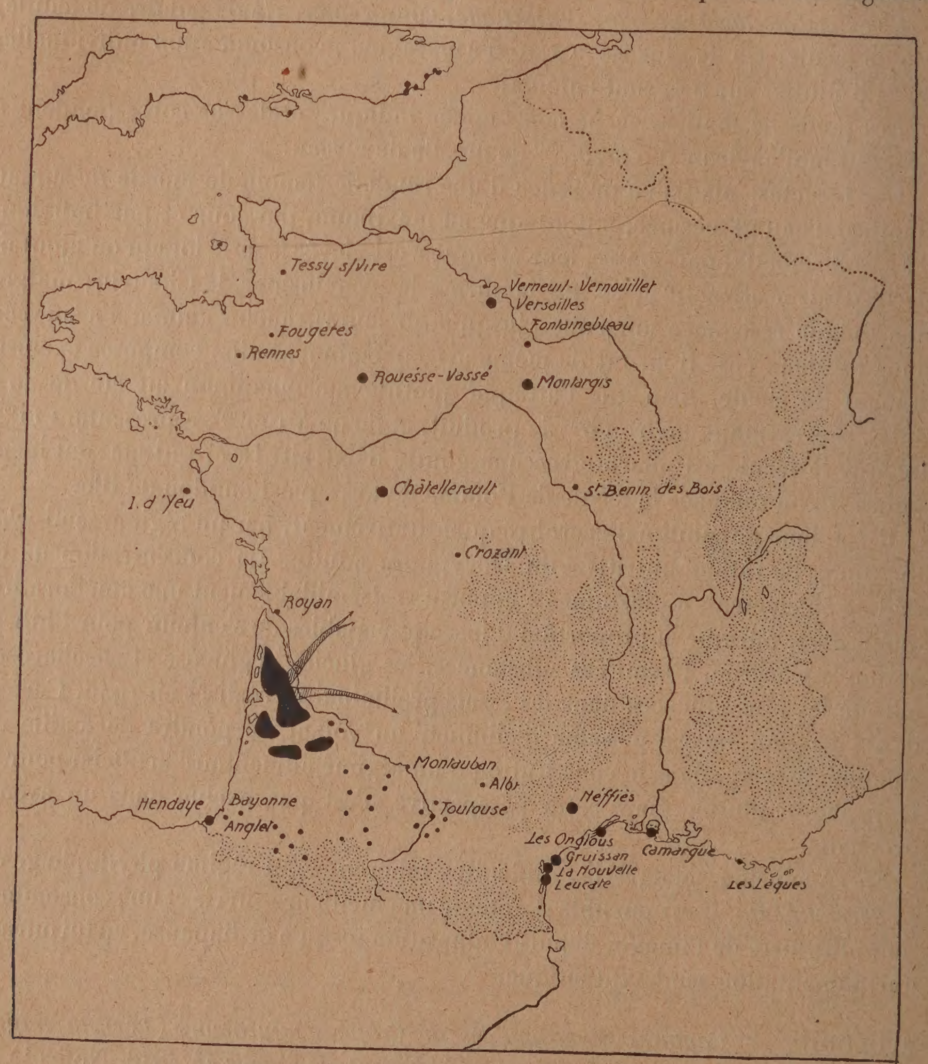
ÉCOLOGIE. — *Captures remarquables de Criquets migrateurs* (*Locusta migratoria* L.) *de la phase grégaire faites isolément en France en* 1946. Note [1] de MM. **Jacques d'Aguilar, Lucien Chopard** et **Georges Remaudière**, présentée par M. Émile Roubaud.

La forme sédentaire du Criquet migrateur (*Locusta migratoria* L., ph. *solitaria*) est répandue dans presque toutes les régions de France situées au sud de la Loire. Elle y est plus ou moins commune mais se rencontre tous les ans de façon régulière.

Tout autre est le cas de la forme migratrice (ph. *gregaria*). Jusqu'à ces der-

(1) Séance du 9 décembre 1946.

nières années, les captures de celles-ci pouvaient être considérées comme tout à fait exceptionnelles, sauf en ce qui concerne celles qui ont été signalées



Points de capture de *Locusta migratoria* L. ph. *gregaria* en 1946.
(Les plus gros points indiquent les localités où plus de 5 individus ont été observés.)

en 1858 : des bandes considérables de larves et des nuées d'adultes furent observées durant le mois de juillet aux environs de Bourg-d'Oisans et dans le Valais. Les autres captures se réduisent, en fait, à un petit nombre de cas isolés : quelques individus près de Sceaux et sur les fortifications de Paris, en 1848; un seul individu à Bueil (Eure) en 1932.

Au cours de l'année 1946, un nombre relativement très élevé de grégaires furent capturés çà et là en dehors des régions atteintes par les vols de migration

denses issus de la région landaise ([2]). Ces points d'observation se répartissent en deux zones semblant contourner le Massif Central et situées, l'une au nord et nord-est du foyer landais, l'autre à l'est. M. B. P. Uvarov ([3]) a bien voulu nous faire savoir qu'une dizaine de captures ont été faites également en Angleterre cette année.

La distribution générale de ces points de capture (voir Carte) milite en faveur d'une origine landaise.

Une meilleure preuve nous a été fournie par l'étude biométrique comparée des criquets landais d'une part, des grégaires capturés çà et là, en France et en Angleterre, d'autre part. Notamment, les valeurs limites et moyennes de la longueur élytrale et du rapport élytre-fémur sont en parfaite concordance.

Par contre, on note une grande différence entre les captures actuelles et les rares grégaires récoltés antérieurement en France, à Bueil et à Sceaux, dont la longueur élytrale est beaucoup plus forte. Ces derniers appartiennent à la sous-espèce *Locusta migatoria* L., de Russie méridionale, comme d'ailleurs tous les grégaires capturés dans les Iles Britanniques avant 1946.

En conclusion, un nombre exceptionnel d'individus, isolés ou en petits groupes, de *Locusta migratoria* L. ph. *gregaria* a été trouvé en 1946 sur notre territoire.

Tous ces individus sont des émigrés de l'aire grégarigène du Sud-Ouest comme ceux trouvés parallèlement dans les Iles Britanniques. Ils ont les mêmes caractéristiques biométriques.

Leur dispersion exprime le morcellement et même la pulvérisation des grandes « nuées de Sauterelles » formées dans le sud-ouest de la France.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Note sur le traitement de la trypanosomiase par injections intraveineuses d'arséniate d'argent.* Note de M. **André Pierron** ([1]).

A la suite de travaux personnels sur l'injectabilité des sels insolubles, nous avons étudié particulièrement l'action de l'arséniate d'argent dans la trypanosomiase chez nos malades de la région de Tchibanga (Gabon) en 1945, et avons constaté les faits suivants :

1° *disparition des trypanosomes* du 5e au 8e jour en moyenne;

2° *fonte rapide des chaînes ganglionnaires* (8 jours pour les chaînes de ganglions de la grosseur d'un pois, 15 jours pour les ganglions de la grosseur d'une noisette). Disparition complète des chaînes ganglionnaires à la fin du traitement (soit 30 jours).

([2]) Par « région landaise » nous comprenons l'ensemble des foyers des départements de la Gironde et des Landes. G. Remaudière, *Faits écologiques nouveaux sur le Criquet migrateur dans les Landes de Gascogne* (*Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 68).

([3]) *Migratory locust in England*, 1946 (sous presse).

([1]) Document retiré du pli cacheté n° **12132**, déposé le 21 janvier 1946, ouvert à la demande de l'auteur le 6 janvier 1947.

Dès le 5ᵉ jour, l'empâtement péri-ganglionnaire a disparu; puis les ganglions, bien séparés, deviennent fermes à la palpation, le suc ganglionnaire perd sa viscosité, devient clair, enfin les ganglions disparaissent.

3° *Relèvement rapide de l'état général*, très sensible à partir du 8ᵉ jour, même chez les cachectiques et disparition des signes cliniques.

Voici quels sont nos *résultats globaux* :

1° NT *en période lymphatico-sanguine* : nombre de traités 48, guéris 48;

2° NT *en période nerveuse* : nombre de traités 19, guéris 19;

3° AT. Les résultats fournis chez les AT en période nerveuse, mais sans qu'on puisse retrouver le trypanosome, ont été bons : la formule rachidienne revenant à la normale après traitement et l'état clinique étant très amélioré. Nous devons cependant signaler 2 demi-échecs.

a. Amaurose chez un AT traité par tryparsamide. Période nerveuse, mauvais état général. Mis en traitement par 30 injections d'arséniate d'argent, les résultats furent : bon état général, récupération d'une partie de la vision; le malade voit des ombres. Ponction lombaire normale.

b. Chorée chronique chez un AT : tous examens négatifs. Le traitement à l'arséniate d'argent permet d'obtenir une nette amélioration, mais en fin de traitement, il subsiste des mouvements chroniques limités du bras gauche et de certains muscles faciaux.

c. A. T. *datant de* 5 *ans.* — A reçu une centaine d'injections de trypanocides divers. A l'examen, rien; mauvais état physique, confusion mentale.

Le traitement par l'arséniate d'argent donne des résultats excellents : disparition de la confusion, bon état général, lorsqu'au 25ᵉ jour, alors que la malade semblait hors de danger, apparaît un syndrome curieux, caractérisé par une logorrhée remarquable et des douleurs de type polynévritiques. La malade finit par mourir sans avoir présenté de sommeil.

d. Enfin, A. T. *réinfectés* ou chez qui on trouvait le trypanosome à intervalles réguliers ont été rapidement stérilisés.

Méthode. — Nous employons l'arséniate d'argent à très faibles doses (doses près de 100 fois moins fortes que les trypanocides habituels) en injections intraveineuses. Les injections doivent être quotidiennes. Le traitement dure un mois (30 injections).

Avantages de la méthode. — L'arséniate d'argent ainsi employé :

1° agit aussi bien à la période lymphatico-sanguine qu'à la période nerveuse;

2° ne produit pas d'amaurose;

3° agit à très faible dose;

4° ne provoque pas d'intolérance et la guérison survient progressivement, tous les signes cliniques, anatomo-pathologiques et parasitologiques disparaissant en même temps;

5° a guéri toutes les arséno-résistances qui lui ont été affectées;

6° enfin le traitement de la trypanosomiase par injections intraveineuses d'arséniate d'argent dure un mois.

La séance est levée à 16ʰ20ᵐ. A. Lx.